



## **Bakalářská práce**

# **Vliv použití retroreflexních materiálů na fyziologické vlastnosti oděvu**

*Studijní program:*

B0723A270003 Výroba oděvů a technické kon-  
fekce

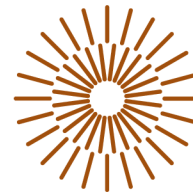
*Autor práce:*

**Anna Dvořáková**

*Vedoucí práce:*

Ing. Katarína Zelová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví

Liberec 2023



## Zadání bakalářské práce

# Vliv použití retroreflexních materiálů na fyziologické vlastnosti oděvu

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Anna Dvořáková</b>
<i>Osobní číslo:</i>	T20000340
<i>Studijní program:</i>	B0723A270003 Výroba oděvů a technické konfekce
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra oděvnictví
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši zaměřenou na požadavky kladené na oděvy s vysokou viditelností a jejich vlastnosti.
2. Proveďte průzkum trhu oděvů s vysokou viditelností, typů retroreflexních prvků používaných pro realizaci oděvů s vysokou viditelností. Zmapujte možné topologie umístění retroreflexních prvků na oděvu.
3. Navrhněte experiment pro zhodnocení vlivu typu a plochy retroreflexního pruhu na vybrané fyziologické vlastnosti první vrstvy oděvu.
4. Zhodnoťte vliv použití retroreflexního materiálu na vybrané fyziologické vlastnosti oděvů s vysokou viditelností. Doporučte optimální způsob umístění retroreflexních prvků zvyšující komfort oděvů s vysokou viditelností.

*Rozsah grafických prací:* dle rozsahu dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* cca 40 stran  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

- COTTERILL, D., EASTER, E.P. Firefighter Turnout Gear Durability Study—Evaluation of Visibility Trim. *Fire Technology*, 2011, 47, 601-613.
- LUSE, K. et al. Evaluation of retro-reflective coating performance by reflectance and perceived relative brightness measurements. 2011, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.
- PARK, S. An evaluation of the suitability of fluorescent fabrics and retroreflective materials for road traffic warning clothing in compliance with international standards. *Fash Text*, 2019, 6(34).

*Vedoucí práce:* Ing. Katarína Zelová, Ph.D.  
Katedra oděvnictví

*Datum zadání práce:* 25. listopadu 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs  
vedoucí katedry

V Liberci dne 25. listopadu 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## Poděkování

Chtěla bych vyjádřit své poděkování Ing. Kataríně Zelové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za její odbornou pomoc. Rovněž bych chtěla poděkovat za její názory, přínosné rady a trpělivost během sestavování teoretické a experimentální části.

Děkuji také Ing. Oksaně Vojtenko, Ph.D. a Ing. Michalu Chotěborovi za jejich pomoc v laboratořích a cenné rady pro experimentální část. Velké poděkování patří také Ing. Janě Ornstové za asistenci při identifikaci materiálů a Ing. Renátě Nemčokové za pořízení makroskopických fotografií. Ráda bych také poděkovala paní Rulcové za její významnou pomoc při tvorbě triček pro testování na tepelném manekýnovi.

Nemohu opomenout vyjádřit své díky svému bratrovci Bc. Petrovi Gajdovi a společnosti Syner, s.r.o. za vyplnění dotazníků, které poskytly cenné informace pro experimentální část.

A v neposlední řadě, patří poděkování mé rodině a mému příteli za jejich trpělivost, podporu a pomoc v období tvorby mé bakalářské práce.

## Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na analýzu různých prvků pro zlepšení bezpečnosti. Konkrétně se soustředí na retroreflexní pruhy a jejich umístění, průzkum trhu týkající se triček s vysokou viditelností a vliv retroreflexních pruhů na fyziologické vlastnosti.

Hlavním cílem této práce je navrhnout optimální umístění retroreflexních pruhů, které by neovlivňovalo komfort při nošení oděvů s vysokou viditelností. Dále se práce zaměřuje na měření vybraných fyziologických vlastností čtyř druhů fluorescenčně žlutých pletenin a vliv retroreflexních pruhů dvou typů na tepelný a výparný odpor. Získané poznatky jsou aplikovány v experimentální části práce.

Teoretická část se zabývá popisem a charakteristikou jednotlivých prvků, průzkumem trhu, umístěním retroreflexních pruhů a provedením dotazníkového šetření.

Experimentální část je rozdělena do dvou oblastí. První oblastí je měření vybraných fyziologických vlastností u pletenin fluorescenčně žluté barvy určených pro trička s vysokou viditelností. Druhou oblastí je zkoumání vlivu retroreflexních pruhů dvou typů na tepelný a výparný odpor.

Účelem této práce je zhodnotit vybrané fyziologické vlastnosti pletenin a doporučit optimální umístění retroreflexních prvků, které nesníží komfort při nošení oděvů s vysokou viditelností.

## Klíčová slova

- Oděvy s vysokou viditelností
- Bezpečnost
- Retroreflexní pruhy
- Fluorescence
- Komfort
- Fyziologické vlastnosti
- Prodyšnost
- Pleteniny

## **Anotation**

The bachelor's thesis focuses on the analysis of different elements to improve safety. Specifically, it focuses on retroreflective stripes and their placement, market research on high visibility t-shirts and the effect of retroreflective stripes on physiological characteristics.

The main objective of this work is to propose an optimal placement of retroreflective stripes that does not affect the comfort of wearing high visibility clothing. The work also focuses on the measurement of selected physiological properties of four types of fluorescent yellow knitwear and the effect of two types of retroreflective stripes on thermal and evaporative resistance. The obtained results are applied in the experimental part of the thesis.

The theoretical part deals with the description and characterisation of the individual elements, market research, placement of retroreflective stripes and carrying out a questionnaire survey.

The experimental part is divided into two parts. The first is the measurement of selected physiological properties of fluorescent yellow knitted fabrics for high-visibility T-shirts. The second part is to investigate the effect of two types of retroreflective stripes on thermal and evaporative resistance.

The aim of this work is to evaluate selected physiological properties of knitted fabrics and to recommend optimal placement of retroreflective elements that do not reduce the comfort of wearing high visibility clothing.

## **Keywords**

- High visibility clothing
- Safety
- Retroreflective stripes
- Fluorescence
- Comfort
- Physiological properties
- Breathability
- Knitted fabrics

# Obsah

Seznam použitých zkratk a značek.....	5
Úvod.....	6
1 Zvýšení bezpečnosti pomocí retroreflexních prvků .....	7
1.1 Typy bezpečnostních prvků pro zvýšení viditelnosti v silničním provozu .....	7
1.1.1 Retroreflexní prvky .....	8
1.1.2 Fluorescenční prvky .....	10
1.1.3 Luminiscenční prvky.....	11
2 Průzkum trhu s retroreflexními oděvy a sortimentem.....	13
2.1 Varianty umístění retroreflexních prvků na oděvu s vysokou viditelností.....	14
2.2 Dotazníkové šetření.....	17
2.3 Zhodnocení rešeršní části .....	21
3 Experimentální část.....	23
3.1 Charakteristika použitých materiálů.....	23
3.2 Charakteristiky použitých zařízení .....	26
3.2.1 Testování prodyšnosti na přístroji SDL M 021 S.....	26
3.2.2 Testování propustnosti vodních par na přístroji FX 3180 CupMaster .....	28
3.2.3 Testování tepelného a výparného odporu na přístroji SGHP (SWEATING GUARDED HOTPLATE) .....	28
3.2.4 Testování tepelného a výparného odporu pomocí tepelného manekýna Timmyho 30	
4 Vyhodnocení výsledků testování .....	33
4.1 Vyhodnocení prodyšnosti a propustnosti vodních par vzorků materiálů pro trička s vysokou viditelností .....	33
4.2 Vyhodnocení měření tepelného a výparného odporu z přístroje SGHP (SWEATING GUARDED HOTPLATE) .....	35
4.3 Vyhodnocení tepelného a výparného odporu pomocí tepelného manekýna .....	37
5 Diskuse výsledků.....	42
6 Závěr .....	45
Seznam použité literatury .....	47
Seznam tabulek .....	51
Seznam obrázků .....	51
Seznam příloh.....	53



## **Seznam použitých zkratk a značek**

ČSN – Česká technická norma

EN – Evropská norma

ISO – International Standards Organization

Ret – Výparný odpor

Rct – Tepelný odpor

WVTR – Propustnost vodních par

PD – Přední díl

ZD – Zadní díl

RR – Retroreflexní

# Úvod

Oděvy s vysokou viditelností jsou všeobecně známé a využívané prostředky ke zvýšení viditelnosti osob v různých situacích, jako je pohyb na pozemních komunikacích, pracovní aktivity a další situace, které vyžadují zvýšenou pozornost a bezpečnost. Kromě povědomých reflexních vest je tato kategorie oděvů rozšířena o různé další typy včetně bund, kalhot, mikin, kšand a nově také triček. [1]

Oděvy s vysokou viditelností jsou využívány širokou škálou profesí včetně dělníků, hasičů, policistů, záchranářů a dalších pracovníků. [1] Kromě viditelnosti je klíčovým faktorem také komfort a pohodlí, které tyto oděvy poskytují. Je nezbytné zajistit, aby uživatelé těchto oděvů nezažívali příliš velké nepohodlí, které by mohlo negativně ovlivnit jejich pracovní morálku a kvalitu odvedené práce. S ohledem na skutečnost, že tyto oděvy jsou povinné v profesích zdravotnického, hasičského, policejního a dělnického charakteru, je důležité zajistit, aby výkon pracovníků nebyl narušen.

V teoretické části bakalářské práce je proveden stručný popis a vysvětlení různých typů bezpečnostních prvků, které se využívají na oděvy s vysokou viditelností. Dále je proveden průzkum trhu zaměřený na retroreflexní prvky a sortiment dostupný na českém a zahraničním trhu. V teoretické části se také dozvíte, jakým způsobem se retroreflexní pruhy na oděv umísťují. Jako součást této práce byl také vytvořen dotazník, který byl distribuován mezi uživatele těchto oděvů, a to s cílem získat jejich názory na komfort a pohodlí těchto oděvů. Respondenti byli požádáni, aby sdíleli své zkušenosti a preference ohledně oděvů s vysokou viditelností, což nám umožnilo získat cenné informace pro experimentální část.

V experimentální části bakalářské práce bylo provedeno měření fyziologických vlastností čtyř různých typů fluorescenčních pletenin. V této části jsou podrobně popsány použité přístroje pro měření, získaná data jsou následně statisticky zpracována. Proběhlo zde měření prodyšnosti, prostupu vodních par a tepelného a výparného odporu na specifických přístrojích: SGHP a tepelný manekýn Timmy.

Cílem práce je zjistit, jaké fyziologické vlastnosti mají materiály používané pro oděvy s vysokou viditelností a zda retroreflexní pruhy na tyto vlastnosti mají nějaký vliv. Dalším úkolem je navrhnout optimální umístění retroreflexních materiálů tak, aby nesnižovaly komfort u oděvů s vysokou viditelností.

# 1 Zvýšení bezpečnosti pomocí retroreflexních prvků

Oděvy s retroreflexními prvky by měl nosit v určitých situacích každý, a to především z důvodu bezpečnosti našeho pohybu na neosvětlených komunikacích nebo obecně v automobilovém provozu. Obrázek 1 jasně dokládá podstatně lepší viditelnost osoby v oblečení s retroreflexními prvky. Kromě samotných retroreflexních prvků lze také doporučit výraznější barvy. Z důvodu upřednostňování elegantního vzhledu před bezpečností nebo z důvodů preference tmavých barev často oděvy s retroreflexními prvky nejsou využívány v plném rozsahu svého potenciálu. Přitom dostatečná viditelnost chodce v silničním provozu je základem jeho bezpečnosti.[1]

Užívání reflexních prvků oblečení je v mnoha případech legislativně ošetřeno, nošení výstražných oděvů je v nich přímo nařízeno, a tedy povinné. Podle zákona musí na sobě oděv s retroreflexním materiálem mít například řidič, který se pohybuje mimo vozidlo na pozemní komunikaci.[1] Retroreflexní pásy a fluorescenční plochy musí být na oděvu provedeny v dostatečné ploše a vhodně umístěny. Tyto podmínky upravuje evropská norma ČSN EN ISO 20471: 2013. Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky

Na trhu je běžně dostupných mnoho druhů oděvů s retroreflexními prvky (blůzy, kabáty, trička, kalhoty, bundy a další). Konkrétně tričky s vysokou viditelností se bude tato práce podrobněji zabírat.[1]



*Obrázek 1. Dělníci v oděvu s vysokou viditelností [2]*

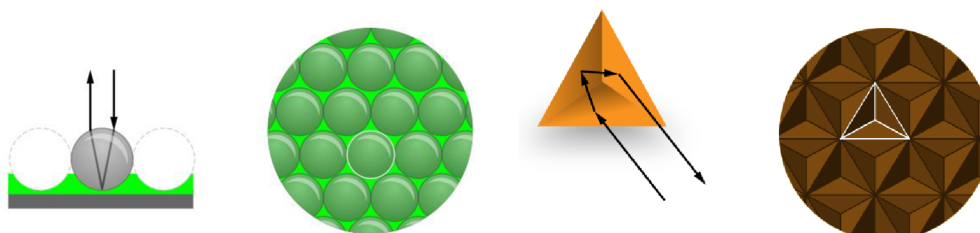
## 1.1 Typy bezpečnostních prvků pro zvýšení viditelnosti v silničním provozu

Mezi typy bezpečnostních prvků pro zvýšení viditelnosti v silničním provozu se řadí retroreflexní materiály, fluorescenční materiály a nově také luminiscenční materiály. Hlavní funkcí fluorescenčních materiálů je zvýšení viditelnosti chodce za denního světla a za soumraku, ve tmě bohužel svou funkci ztrácejí. Ke zviditelnění chodce za tmy a za soumraku se proto

používají ještě retroreflexní materiály, které se našívají nebo nažehlují na fluorescenční oděvy. Tyto materiály mají schopnost odrazit světlo, které na ně dopadá, proto jsou řidiči schopni oděvy za tmy mnohem lépe zaregistrovat. Posledním typem bezpečnostních prvků jsou luminiscenční materiály, které mají zajímavou vlastnost přeměnit energii, již přijmou, na světlo, a to bez jakéhokoli zdroje napájení. [3]

### 1.1.1 Retroreflexní prvky

Retroreflexní materiály jsou velmi dobře vyvinuty. Jejich specialitou je schopnost odrazit dopadající světlo. Skládají se z několika tisíc malých skleněných objektů (nejčastěji kuliček, trojúhelníků nebo čtverců), které jsou zhuštěny dohromady a společně odrážejí příchozí světlo zpět, jak je vidět na obrázku 2. Množství odraženého světla závisí na kvalitě retroreflexního materiálu a na způsobu jeho výroby. Retroreflexní prvek tedy na první pohled vypadá jako prvek šedé barvy, při dopadu světla se ale rozzáří odraženým světlem. Retroreflexní materiály jsou v noci až 3x více viditelné než bílé oblečení a až 10x více viditelné než modré oblečení. Chodec s retroreflexními prvky na oděvu, na kterého září světlo, je podstatně lépe viditelný, uvádí se až ze vzdálenosti 200 m. Používání reflexních prvků je doporučováno cyklistům, chodcům, běžcům a mnoha dalším.[5][6]



Obrázek 2. Kuličkové a trojúhelníkové uspořádání [6]

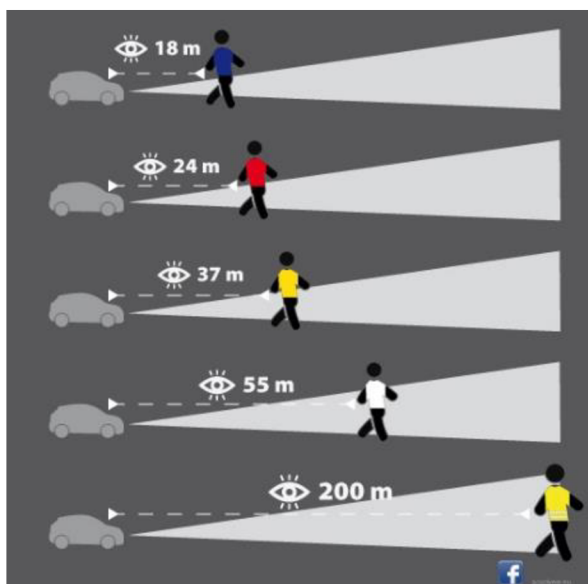
V praxi existují dva základní typy retroreflexních materiálů. První je založen na spojení tří vzájemně kolmých odrazových ploch, jak je vidět vpravo na obrázku 2. Toto uspořádání ploch tvoří vrstvu, používanou při výrobě pevných odrazových ploch (například na zadních světlých automobilů nebo na dopravním značení). Paprsek se tedy musí odrazit třikrát, aby se jeho směr otočil. Tímto typem retroreflexe se v této práci zabírat nebudeme, pro nás bude důležitější druhý typ retroreflexních materiálů.[6]

Druhým typem retroreflexních materiálů jsou materiály založené na tenké vrstvě nalepených mikroskopických skleněných kuliček, které jsou zodpovědné za to, že dopadající světlo po dvojnásobném lomu míří zpět ke svému zdroji, jak je vidět na obrázku 2 vlevo. Při nalepení kuliček na látkové materiály vznikají pruhy a pásy, které se dají přišít na oblečení i jiný sortiment. Technologie výroby retroreflexních materiálů zahrnuje odrazivý materiál, nanášení vrstvy kuliček a zalití fixačním materiálem, který je dostatečně pevný a pružný, aby kuličky zůstaly na svém místě i při mechanickém namáhání. Například trička s vysokou viditelností od firmy Strauss mají životnost maximálně 25 pracích cyklů. Naproti tomu retroreflexní páska od výrobce 3M Scotchlite™ zaručuje životnost u domácího praní při teplotě 60 °C až 103 pracích cyklů.[6][7]

Jeden z kvalitních a velmi známých materiálů je od výrobce 3M Scotchlite™. Tento typ retroreflexní páska, který se nazývá 3M, má velmi dobrou odrazivost a kvalitu. Na trhu je

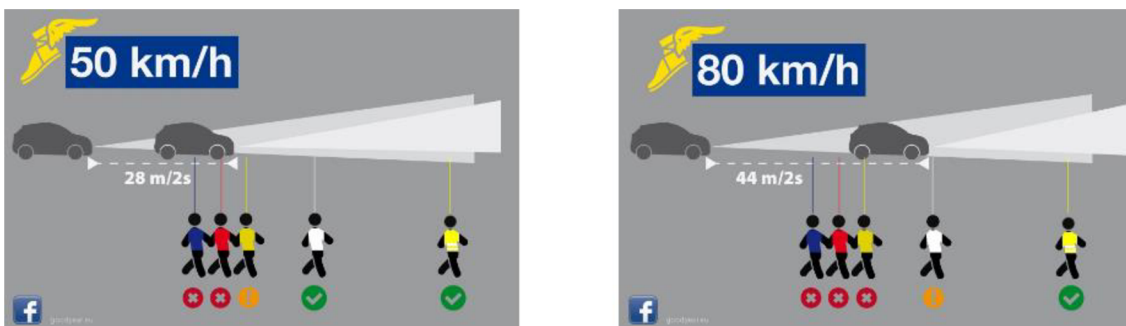
několik různých druhů od tohoto výrobce. Autoři výzkumu z Lotyšské univerzity se zabývali odrazivostí a ve svém výzkumu použili tři typy 3M materiálů. Byly to typy 3M<sup>TM</sup> Scotchlite<sup>TM</sup> (mikroskopická skleněná kulička), 3M<sup>TM</sup> Diamond Grade<sup>TM</sup> (mikroprizmatický retroreflexní materiál, směry hranolu se střídají) a 3M<sup>TM</sup> Diamond Grade<sup>TM</sup> Průsvitný (širokouhlá reflexní čočka průsvitná). Dále použili typy Makroskopická skleněná kulička RR z dopravního kužele, Makroskopický hranol RR (běžně používaný u jízdních kol) a poslední Mikroprizmatický retroreflexní materiál. Intenzita odrazu byla naměřena společností Konica. Bylo zjištěno, že hodnoty jednotlivých typů se výrazně liší. Obecně je nejvíce reflexní skleněná kulička, následovaná mikroprizmatickým retroreflexním materiálem a 3M<sup>TM</sup> Diamond Grade<sup>TM</sup> (mikroprizmatický retroreflexní materiál, směry hranolu se střídají). [8]

Na základě testování je zřejmé, že chodce v tmavém oděvu je řidič schopen zaregistrovat pouze na vzdálenost 18 m. Viditelnost osob se o něco zlepší, pokud na sobě mají světlejší barvy. Chodec v červené barvě je viditelný na 24 m, ve žluté barvě je už viditelný na 37 m a v bílé barvě řidič chodce vidí až na 55 metrů daleko. Když si však chodec oblékne oděv s reflexními bezpečnostními prvky, zlepší svou viditelnost až na 200 m (viz obrázek 3). [3]



Obrázek 3. Viditelnost chodce [3]

Auto, které se pohybuje rychlostí 50 km/h, ujede 14 metrů za 1 vteřinu. Není tedy možné, aby chodce, kteří na sobě mají tmavé oblečení řidič, zaregistroval a zareagoval, na to by potřeboval ještě alespoň jednu vteřinu. Při rychlosti 80 km/h už je to 44 metrů. Obrázky 4 a 5 ilustrují dráhu vozidla jedoucího konkrétní rychlostí a reakční rychlost řidiče na přítomnost chodců v provozu. [3]



Obrázek 4. Reakce řidiče [3]

### 1.1.2 Fluorescenční prvky

Fluorescenční materiály slouží k tomu, aby byl člověk lépe vidět za denního světla a za soumraku. Tyto materiály se tedy často kombinují s retroreflexními, které zajišťují dobrou viditelnost ve tmě. Z fluorescenčních materiálů se vyrábí několik druhů bezpečnostních prvků v dopravě, počínaje vestami a konče dopravními značkami. Nejčastěji používanými barvami jsou jasně žlutá, oranžová, zelená, růžová a někdy také červená (viz obrázek 5). Autoři Turner, Simmons a Graham provedli studii, která se snažila najít nejnápadnější barvu. Výsledkem bylo, že barvy žlutá, oranžová, zelená a kombinace červeno-oranžová jsou všechny vhodné pro použití, červená nikoliv. [9] Bohužel tyto barvy se nejlépe chytají na polyesterová nebo směšová vlákna, proto oděvy z fluorescenčních materiálů nezajišťují příliš velký komfort.[6]

V současnosti jsou fluorescenční barviva široce používána v textilu, potravinářském průmyslu, u bezpečnostní ochrany a v mnoha dalších oblastech.

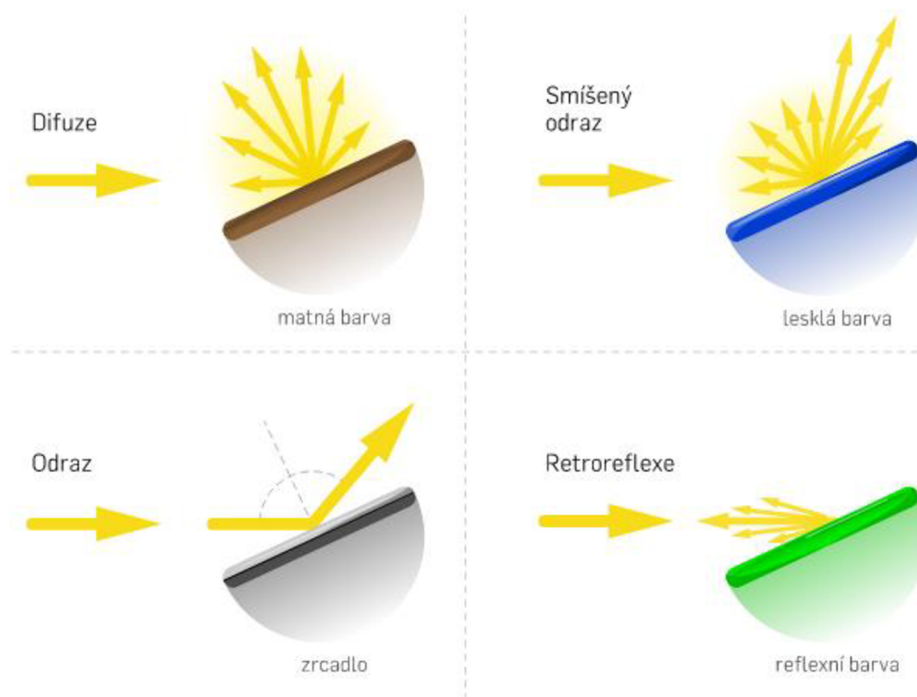
V roce 1971 Bayern označil objevené jasnější barvivo za fluorescin. [10]



Obrázek 5. Fluorescenční barvy [11]

Fluorescenční materiály společně s fosforeskujícími materiály patří do skupiny fotoluminiscenčních materiálů. Konkrétně u fluorescenčních signálních barev dochází k absorpci neviditelného ultrafialového slunečního záření a následné emisi záření ve viditelném spektru. Proto se může zdát, že při zatažené obloze nebo za soumraku tyto barvy svítí – vydávají více světla, než umožňuje pouhý odraz. Při použití fluorescenčních barev je viditelnost prvku větší než při použití klasických barev. Oblečení nebo značka z fluorescenční látky jsou lépe viditelné než čistá bílá barva. [6]

Fluorescenční materiály mohou mít až dvojnásobnou svítivost oproti ostatním klasickým barvám.[6]



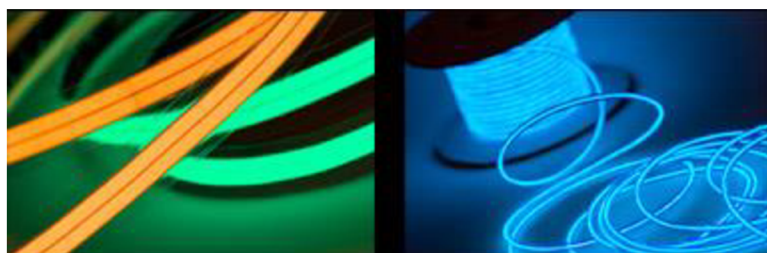
Obrázek 6. Odraz světla od různých povrchů [6]

### 1.1.3 Luminiscenční prvky

Luminiscence je spontánní záření obvykle u pevných nebo kapalných látek. Tyto prvky získávají energii z jiného záření a následně samovolně eliminují světelné záření. Pokud po odstranění zdroje luminiscence vymizí, hovoříme o fluorescenci. Pokud ale po ozařování luminiscence postupně odeznívá, v tomto případě se jedná o fosforescenci. [4][12]

Existuje několik druhů luminiscence. Fotoluminiscence, kterou zachybuje obrázek 10, označuje schopnost materiálu přes den absorbovat světlo a v noci jej vydávat. Dále můžeme hovořit o elektroluminiscenci (viz obrázek 7), která je vyvolána elektrickým polem nebo průchodem proudu (např. LED svítidla). [12] Výzkumníci Fekety a spol. zjistili, že když se na oděv s retroreflexním materiálem přidají elektroluminiscenční panely, bude chodec spatřen řidičem vozu i přesto, že ho nebudou osvětlovat reflektory aut. Tímto dokázali, že elektroluminiscenční materiály mohou zvýšit viditelnost člověka.[13]

Triboluminiscence je fyzikální proces, jenž vzniká třením nebo drcením některých krystalů, které od sebe oddělují elektrické náboje, jež ionizují vzduch a následně vyvolají světélkování. [4][12]



Obrázek 7. Elektroluminiscenční produkty [14]

Luminiscence nabízí velké možnosti využití, zejména pro oděvy se sníženou viditelností, nebo označování materiálů. S využitím luminiscenčních prvků se můžeme setkat také v zábavním průmyslu (např. disco). Luminiscence nachází uplatnění také v optoelektronice, v případě luminiscenčních diod nebo stínítek obrazovek. Luminiscence je také pozorovatelná v přírodě, kde se označuje termínem bioluminiscence. Zaznamenána je u zvířat jako světluška (viz obrázek 8) nebo medúza (viz obrázek 9). [12]



Obrázek 8. Světluška a bioluminiscence [15]



Obrázek 9. Medúza a bioluminiscence

Luminiscenční materiály se v současnosti jeví jako nejvhodnější bezpečnostní prvky, protože nepotřebují zdroj světla, a přesto svítí samy osobě. Stále však potřebují zdroj energie, kterou mohou načerpat, a také životnost těchto prvků není stálá. Po několika letech luminiscenční materiály svou schopnost absorbovat a následně uvolňovat světlo zcela ztrácejí. Životnost některých fotoluminiscenčních materiálů, jako jsou například samolepící PVC folie, je při venkovním použití 7 let, při vnitřním použití dosahují životnosti až 20 let.[4][16]



Obrázek 10. Fotoluminiscenční pletenina [17]



## 2 Průzkum trhu s retroreflexními oděvy a sortimentem

Různých produktů s retroreflexními prvky je momentálně na trhu několik typů: bundy, vesty, kalhoty, kraťasy a v neposlední řadě také trička s dlouhým či krátkým rukávem. Tyto oděvy jsou opatřeny evropskou normou (ČSN EN ISO 20471:2013. Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky.). Můžeme se setkat také s dalším sortimentem, který není opatřený touto normou. To jsou například reflexní pásy různých barev, které se umísťují na nohy, na ruce, popřípadě jako doplněk na tašku či kabelku, dále nejrůznější nášivky, samolepky a přívěsky mnoha tvarů. Otázkou však zůstává, zda nás i tyto doplňky zvládnou dostatečně zviditelnit.[4]

Na internetových stránkách se můžeme setkat s několika typy a druhy oděvů s vysokou viditelností. Většina těchto oděvů má podobné materiálové složení. Můžeme se setkat s oděvy ze 100% polyesteru a ze směsi bavlněných a polyesterových vláken. U novějších výrobků se setkáváme s variantou, kde se kombinuje fluorescenční žlutý materiál z polyesteru a částí bavlněného materiálu pro větší komfort.

Na českém trhu jsou provedeny výrobky s vysokou viditelností jednodušeji. Čeští výrobci tolik nekombinují fluorescenční materiály, proto na trhu vidáme převážně žlutou barvu, ale také zelenou a oranžovou. Dále používají převážně retroreflexní pásy, které jsou plné. Jen ve výjimečných případech se můžete setkat se šrafovanými retroreflexními prvky. Na zahraničním trhu už jsou oděvy barevnější a modernější, ale o něco dražší. V zahraničí jsou šrafované retroreflexní pásy velmi využívané, výrobci je používají skoro na všech oděvech, které se v současnosti vyrábějí. Naopak s plnými retroreflexními pásy se na zahraničním trhu skoro nesetkáte.

Vzhledem k tomu, že umístění retroreflexních pásků závisí na normě, varianty umístění se většinou opakují. Výrobci se jak na českém, tak i na zahraničním trhu snaží retroreflexní pásy uspořádat tak, aby každé jejich tričko vypadalo trochu jinak.



Obrázek A [18]



Obrázek B [19]



Obrázek C [20]



Obrázek D [21]



Obrázek E [22]

Trička A, B, C, D a E jsou vybrána pouze z českých internetových stránek, můžete si na nich všimnout jednoduchosti. U obrázku D jde vidět zajímavá aplikace retroreflexních pásků na náramenicích, aby člověk byl viděn i při předklonu. Co se týče ceny triček na obrázcích A až E, pohybují se převážně od 400 do 700 korun. Mají vlastnosti, které jsou již popsány výše.



**Obrázek F** [23]



**Obrázek G** [24]



**Obrázek H** [25]



**Obrázek CH** [26]



**Obrázek I** [27]

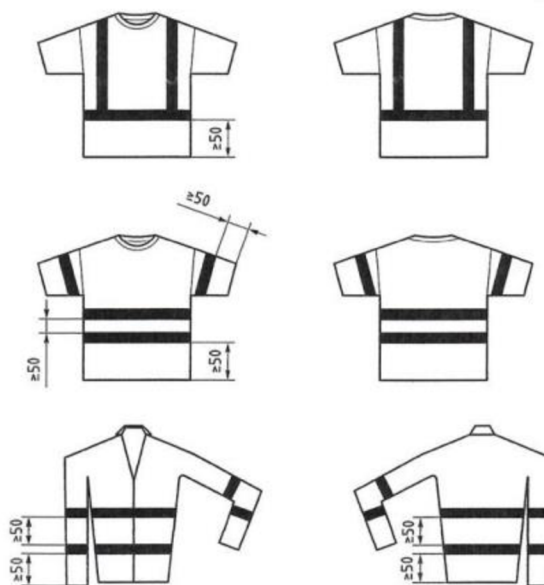
Obrázky v řadě výše (F – I) zachycují trička od zahraničních výrobců. Je na nich vidět větší hravost s fluorescenčními barvami. U těchto triček by se dala vnímat jako velká nevýhoda jejich cena, která se pohybuje od 1 000 do 2 000 korun.

Existuje několik firem, které se zabývají prodejem oděvů s vysokou viditelností, řadíme mezi ně zahraniční i české výrobce a distributory. Za zmínku stojí zahraniční výrobci, jako je Baklader, Strauss a Helly Hansen. Mezi české výrobce a distributory patří například Ardon, Canis nebo Burda.

## **2.1 Varianty umístění retroreflexních prvků na oděvu s vysokou viditelností**

Na umístění retroreflexních pruhů a plochu fluorescenčních materiálů jsou kladeny konkrétní požadavky, které se řídí normou ČSN EN ISO 20471 (832820) Oděvy s vysokou viditelností - Zkušební metody a požadavky. V této evropské normě je přesně popsáno, jak tyto oděvy mají vypadat a jaké mohou mít umístění retroreflexních pruhů. Dále se rozlišují 3 třídy, do kterých jsou oděvy s vysokou viditelností řazeny. Každá z těchto tříd udává minimální oblast retroreflexe a fluorescence, podle nichž je pak třída 1 určena jako nejméně viditelná a třída 3 jako nejvíce viditelná. [32]

Retroreflexní pruhy, které jsou našívány nebo nažehlovány na oděv, musí mít šířku nejméně 50 mm, jinak nesplňují požadavky nastavené normou. Pásky musejí být umístovány od dolního kraje nejméně 50mm, a pokud je na trupu těla více než jeden retroreflexní pás, musí být nejméně 50mm od sebe (viz obrázek 11). Toto pravidlo platí i v případě rukávů nebo kalhot. [32]



Obrázek 11. Varianty umístění retroreflexních pásů na tričku [32]

U rozdělení do tříd je kladen důraz na minimální plochu materiálů s vysokou viditelností. Žádá se tedy po oděvu určitá minimální plocha fluorescenčního a retroreflexního materiálu a dle toho jsou pak oděvy rozděleny do 3 tříd (viz. tabulka 1). Plocha materiálů se naměří na nejmenším výrobku, například na vel. S, a od toho se odvíjí i ostatní velikosti. Třída je poté pro každou velikost stejná. Pokud kalhoty třídy 2 zkombinujeme s výstražnou vestou, automaticky se nám výkonnostní třída zvýší na třídu 3. [32]

Tabulka 1. Minimální požadované plochy viditelného materiálu v m<sup>2</sup> [32]

	<b>Třída 1</b>	<b>Třída 2</b>	<b>Třída 3</b>
<b>Fluorescenční materiál</b>	0,14	0,5	0,8
<b>Retroreflexní materiál</b>	0,1	0,13	0,2

Plochu nelze nijak měnit nebo přizpůsobovat jakémukoli logu, nášivce, písemnému označení, různým štítkům atd. [32]

Když se tyto hodnoty přepočítají na konkrétní produkt, jedná se 2 m retroreflexní pásy u třídy 1 (viz obrázek 12), o 2,6 m pásy u třídy 2 (viz obrázek 13) a 4 m retroreflexní pásy u třídy 3 (viz obrázek 14). Oděvy rozdělené podle těchto tříd jsou určeny pro různá zaměstnání. Řidiči kamionů a kurýři by měli používat třídu 1, záchranáři, zeměměřiči a popeláři by měli používat třídu 2 a pro dělníky na pozemních komunikacích a zaměstnance na letištích je určena třída 3.[28]



Obrázek 12. Třída 1 (Pohled zepředu i zezadu) [29]



Obrázek 13. Třída 2 (Pohled zepředu i zezadu) [30]



Obrázek 14. Třída 3 (Pohled zepředu i zezadu) [31]

Na obrázku 13 můžete vidět triko, které je složeno z fluorescenčního žlutého materiálu ze 100 % polyesteru, z modré textilie ze 100 % bavlny a z retroreflexních šrafovaných pásků. Tmavá část je na triku umístěna proto, aby odváděla vlhkost a zabraňovala zápachu. Toto triko řadíme do třídy 1, protože plocha retroreflexního materiálu nebyla větší než 0,10 m<sup>2</sup> a plocha fluorescenčního materiálu nebyla větší jak 0,14 m<sup>2</sup> (viz tabulka 1). Triko z obrázku 13 si může pořídit každý, je ale povinné pro všechny, kteří v zaměstnání musí nosit trička zařazená do třídy 1 (například poštovní doručovatel). [29]

U triček na obrázku 14 a 15 je zvolena kombinace žlutých a oranžových fluorescenčních materiálu ze 100 % polyesteru. Tato kombinace barev působí zajímavěji, než kdyby zůstalo triko jednobarevné, zároveň fluorescenční materiály zaujmají větší plochu pokrytí na oděvu (viz tabulka 1). Díky tomu můžeme tato trika zařadit do vyšší třídy. Triko z obrázku 15 řadíme do třídy 3, protože obsahuje více jak 0,13 m<sup>2</sup> retroreflexního materiálu. U těchto triček je kvalitní retroreflexní materiál z 3M Scotchlite™. [31]

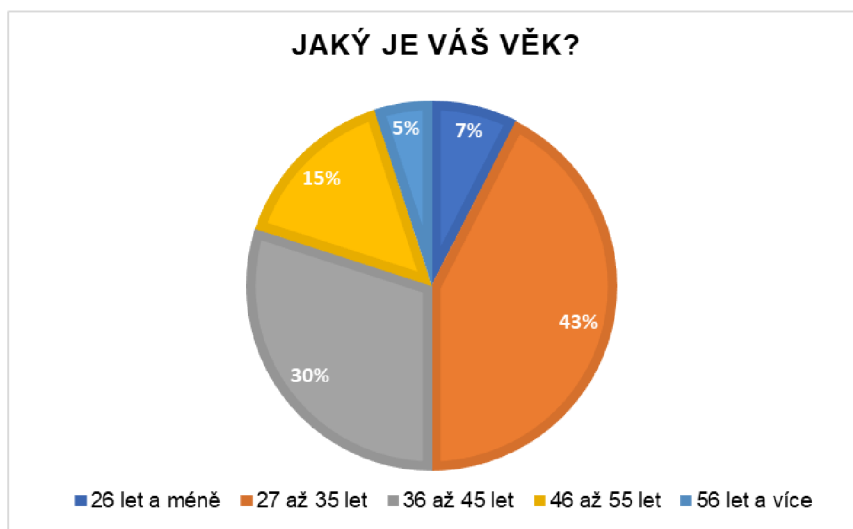
Při objednávání oděvů s vysokou viditelností na internetových stránkách je potřeba dávat pozor, aby uvedená třída byla správná a neměnila se. Například na stránce <http://www.monterkovo.cz/> je u některých triček s vysokou viditelností uvedena chybná třída a u některých bund s vysokou viditelností od výrobce a prodejce Helly Hansen se mění třída s velikostí výrobku (viz obrázek 15).

EN ISO 20471 třída 3: velikost L ->  
EN ISO 20471 třída 2: velikost S - M

Obrázek 15. Ukázka špatného určení třídy [33]

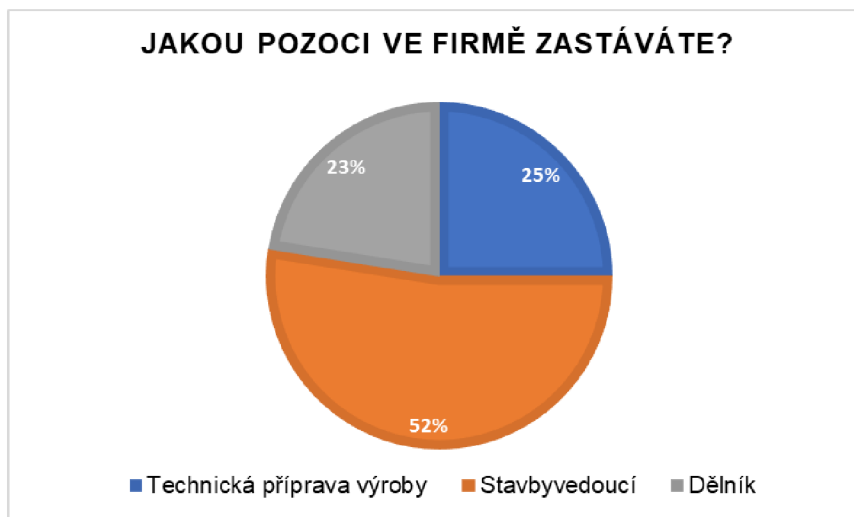
## 2.2 Dotazníkové šetření

Pro účely bakalářské práce byl vytvořen dotazník obsahující 18 otázek, který byl distribuován mezi zaměstnance společnosti Syner. První část dotazníku obsahovala otázky týkající se věku respondentů (viz obrázek 16), jejich pohlaví (výhradně muži) a pozice, kterou ve firmě zastávají (viz obrázek 17). Následovaly otázky týkající se preferencí respondentů ohledně umístění retroreflexních materiálů na oděvech (viz obrázek 18). Dotazovaní rovněž vyjádřili své názory na varianty, které jim nevyhovují (viz obrázky 19 a 20) a uvedli důvody, proč jsou s danou variantou nespokojeni. Ostatní otázky se týkaly pohodlí oděvů s vysokou viditelností. Z celkového počtu dotázaných respondentů, dotazník vyplnilo 40 osob.



Obrázek 16. Věk respondentů

První graf ukazuje, že největší podíl respondentů (43 %) patří do věkové skupiny mezi 27 až 35 lety. Následující nejpočetnější skupinou jsou respondenti ve věku 35 až 45 let (30 %). Ostatní tři skupiny mají menší zastoupení, takže lze usoudit, že firma Syner zaměstnává více mladších lidí než starších.



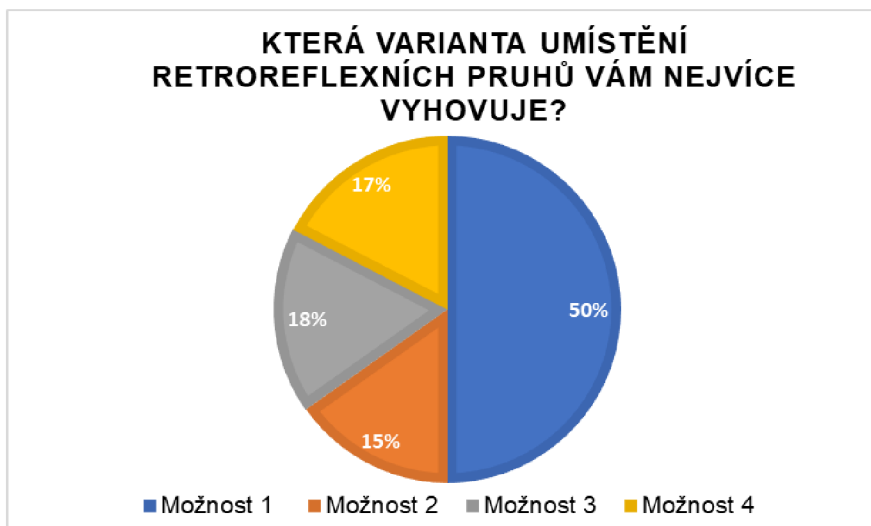
Obrázek 17. Pozice respondentů ve firmě

V rámci firmy Syner je k dispozici několik různých pracovních pozic, respondenti dotazníku představovali technické přípraváře výroby, stavbyvedoucí a dělníky. Nejvyšší podíl vyplněných dotazníků (52 %) pocházel od stavbyvedoucích, zatímco další dvě skupiny, dělníci a techničtí přípraváři výroby, vyplnili dotazník zhruba stejně často, s podíly 25 % a 23 %.



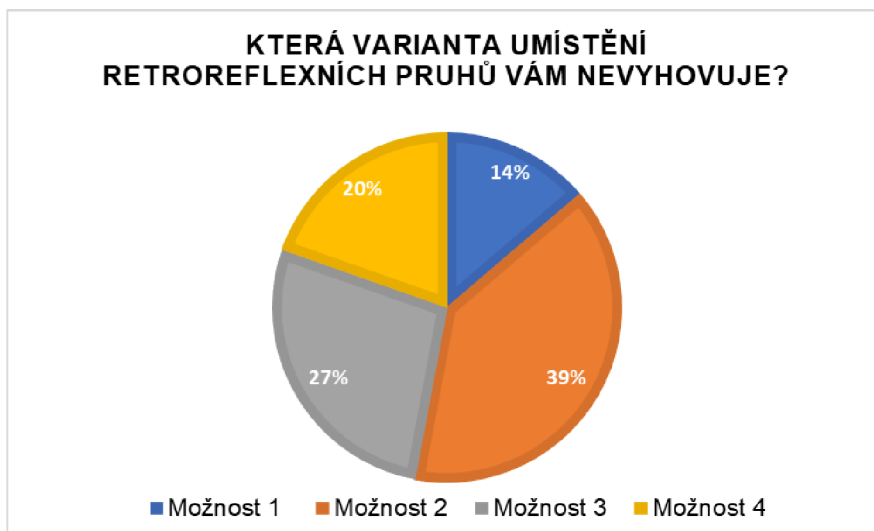
Obrázek 18. Možnosti triček k otázkám [31][19][34][23]

Z obrázku 18, který zahrmoval různé varianty umístění retroreflexních materiálů na oděvech s vysokou viditelností, měli respondenti vybrat ty, které považují za nejvíce vhodné pro své pracovní aktivity, aniž by je jakkoli omezovaly. V další otázce se naopak měli rozhodnout o tom, které možnosti umístění retroreflexních materiálů jim nevyhovují, popřípadě jim brání v pracovních činnostech.



Obrázek 19. Vyhovující možnost

Z grafu lze vyčíst, která varianta umístění retroreflexních pruhů je pro respondenty nejvhodnější. Podle výsledků dotazníku preferuje 50 % dotázaných zaměstnanců možnost 1. Ostatní tři možnosti jsou velmi vyrovnané – možnost 2 vyhovuje 15 % respondentů, možnost 3 18 % a možnost 4 17 %. Z toho vyplývá, že možnost 1 je pro respondenty nejvhodnější, zatímco možnost 2 jim vyhovuje nejméně. Na obrázku 18 jsou zobrazeny všechny varianty, které respondenti měli k dispozici.



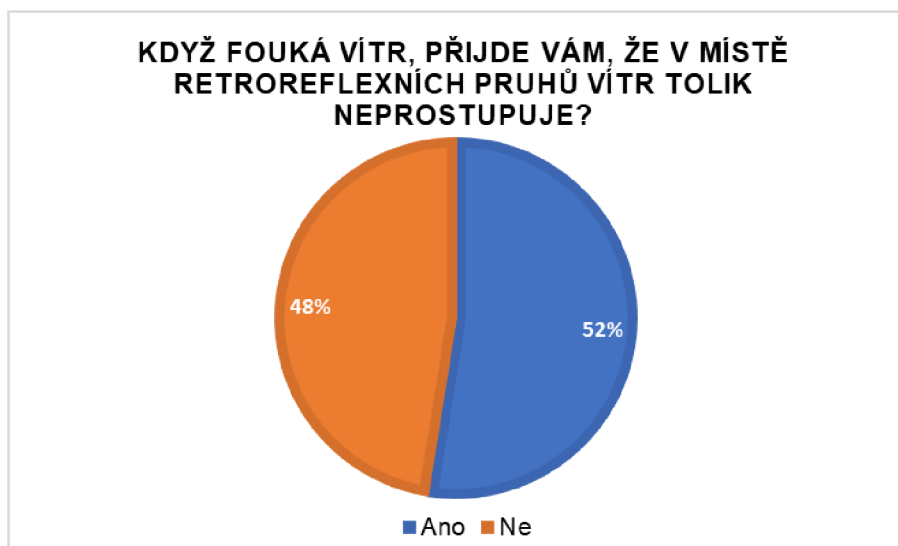
Obrázek 20. Nevyhovující možnost

Obrázek 20 zobrazuje variantu umístění retroreflexních pruhů, která respondentům nevyhovuje. Hodnoty z obrázku 19 a obrázku 20 jsou shodné, což znamená, že nejvíce respondentům vyhovuje možnost 1 a nejméně vyhovuje možnost 2. Možnost 3 nevyhovuje 27 % respondentů a možnost 4 20 % respondentům.

K této otázce byla připojena doplňující otázka, proč daná možnost respondentům nevyhovuje. Dotazník nabízel tři možné odpovědi: a) S těmito typy se více potím, b) Tyto typy mě omezují při práci a c) Jiné, kde mohli uvést jiný důvod. Nejčastější odpověď byla a) S těmito typy se více potím, následovaná odpovědí b) Tyto typy mě omezují při práci. Dotazník také zaznamenal několik jiných důvodů jako například příliš těsné umístění retroreflexních pruhů,

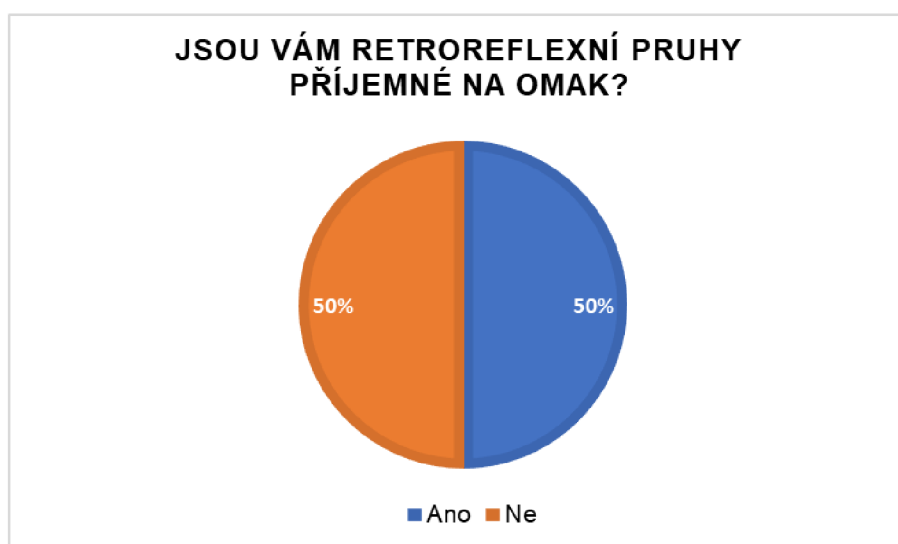
nedostatečnou viditelnost při ohybu, malé množství retroreflexních pruhů na oděvu a esteticky nevyhovující varianty.

Z obrázku 21 a 22 vyplývá, že výsledné hodnoty týkající se obecně komfortu oděvů s vysokou viditelností jsou velmi vyrovnané. Dotazník byl zakončen otázkou, zda by si respondenti raději oblékli tričko s retroreflexními pruhy nebo bez retroreflexních pruhů, pokud by měli možnost volby z hlediska komfortu. Výsledné hodnoty této otázky byly zaznamenány v obrázku 23.



Obrázek 21. Otázka týkající se prodyšnosti retroreflexních pruhů

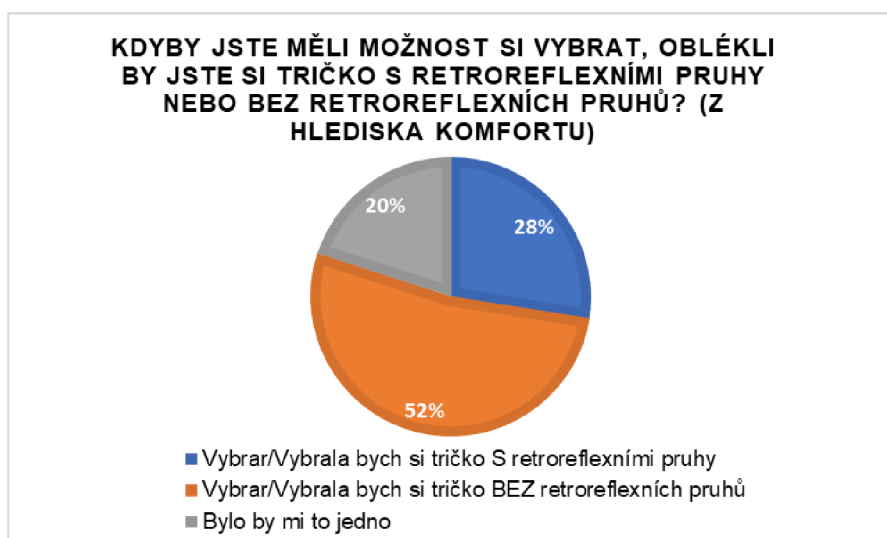
Z obrázku 21 je patrné, že více než polovina respondentů, kteří nosí oděvy s vysokou viditelností, skrz retroreflexní pruhy, pociťuje, že proudění vzduchu není stejné jako na místech, kde pruhy nejsou. Toto by mohlo vysvětlovat, proč více než 30 % respondentů uvádí potíže s pohodlím v možnosti 2 (viz obrázek 20).



Obrázek 22. Omap retroreflexních pruhů



Výsledky pro otázku týkající se omaku oděvů s retroreflexními pruhy jsou vyrovnané. Z celkového počtu respondentů 50 % považuje pruhy za příjemné na omak, zatímco dalších 50 % naopak považuje pruhy za nepříjemné.



Obrázek 23. Priorita

Podle obrázku 23 lze vidět, že více než polovina zaměstnanců, kteří odpověděli na dotazník, by si raději oblékla tričko bez retroreflexních pruhů, zatímco pouze 28 % by si vybralo tričko s retroreflexními pruhy.

Z dotazníku tedy vyplývá, že je nutné v experimentální části najít takovou variantu umístění pruhů, která nezpůsobí u lidí, kteří oblékají oděvy s vysokou viditelností, velký rozdíl v pohodlí.

## 2.3 Zhodnocení rešeršní části

V úvodní části rešerše byly popsány různé druhy bezpečnostních prvků. Z ní vyplývá, že fluorescenční materiály jsou účinné za denního světla a soumraku a často se používají v barvách žluté, zelené a oranžové barvy. Tyto materiály se často kombinují s retroreflexními prvky, aby zvýšily viditelnost člověka i za tmy. Luminiscenční materiály jsou považovány za nejvhodnější prvky, protože nepotřebují vnější zdroj světla.

V druhé části byl proveden průzkum českého a zahraničního trhu. Oba trhy jsou bohaté na mnoho různých produktů s vysokou viditelností. Vzhledem k tomu, že průzkum se zaměřoval na trička s vysokou viditelností, bylo zjištěno, že na českém trhu jsou výrobky jednodušší a výrobci nekombinují barvy. Na zahraničních trzích jsou oděvy výrazně barevnější a modernější, ale zároveň také dražší. Zahraniční výrobci často kombinují fluorescenční materiály se šrafovanými retroreflexními materiály, zatímco čeští výrobci se zaměřují spíše na plně retroreflexní prvky.

Následně je v této práci popsán způsob, jakým se podle normy správně umísťují retroreflexní pruhy na oděvy s vysokou viditelností. Tyto pruhy musejí být široké 5 centimetrů a reflexní a fluorescenční materiály musí pokrývat určitou plochu, aby bylo možné zařadit oděv do jedné ze 3 tříd oděvů s vysokou viditelností.

V poslední části rešerše bylo provedeno dotazníkové šetření, které ukázalo, že lidé, kteří nosí oděvy s vysokou viditelností, nejsou s jejich komfortem příliš spokojeni. Proto bude cílem experimentální části zhodnotit vliv retroreflexních pruhů na vybrané fyziologické vlastnosti vrchní části oděvu.

### 3 Experimentální část

Experimentální část byla zaměřena na testování vybraných fyziologických vlastností u 4 různých druhů pletenin fluorescenčně žluté barvy používané pro trička s vysokou viditelností, za účelem zjistit, který z vybraných materiálů je na výrobu triček s vysokou viditelností nejvhodnější. V další oblasti se provedlo testování, které se zaměřilo na vliv retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor první části oděvu s cílem zjistit, zda tyto prvky ovlivňují přirozený prostup vodní páry (potu) a zda zvyšují tepelnou izolaci oděvu.

Experimentální část byla zaměřena na dvě stěžejní oblasti:

- Laboratorní měření vybraných fyziologických vlastností pletenin fluorescenčně žluté barvy používané pro oděvy s vysokou viditelností. Byly měřeny vlastnosti jako:
  - **Prodyšnost** – na přístroji SDL M 021 S – dle normy ČSN EN ISO 9237 (80 0817) pro zjišťování prodyšnosti textilních materiálů,
  - **Propustnost vodních par** – na přístroji FX 3180 CupMaster – dle normy JIS L 1099: 2012 Metody zkoušení propustnosti vodních par textilií,
- Druhou oblastí bylo laboratorní testování vlivu retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor. Testování bylo provedeno na těchto přístrojích:
  - **SGHP (Sweating guarded hotplate)** – dle normy ČSN EN 31092 (800819) - Textilie. Zjišťování fyziologických vlastností. Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092:1993),
  - **Tepelném manekýnovi** – dle normy ČSN EN ISO 15831 (832741) – Oděvy – Fyziologické účinky – Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny.

Měření těchto vlastností bylo realizováno na Technické univerzitě v Liberci v laboratořích na katedře oděvnictví.

#### 3.1 Charakteristika použitých materiálů

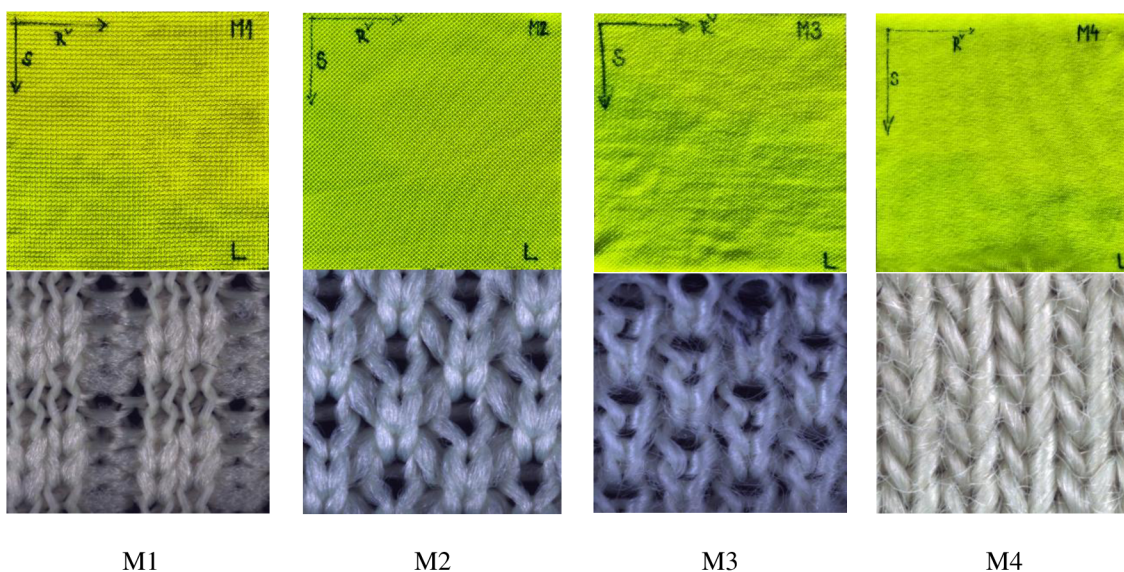
Pro experimentální měření byly použity 4 druhy fluorescenčně žlutých pletenin s označením M1, M2, M3 a M4. (viz obrázek 24) Veškeré pleteniny jsou ze 100% polyesteru. Materiál M1 představuje zátažnou interlokovou pleteninu, materiál M2 je vyroben z jedolící pleteniny La Coste, kde jsou v každém řádku střídavě umístěny chytové kličky a jedolící očka, které jsou prokládány řádkem lícních oček (viz obrázek 24). Tato pletenina je velmi podobná jednoočkovému kepru. Materiál M3 je stejný typ pleteniny jako materiál M2, avšak chybí v něm proložení řádkem lícních oček. Posledním materiálem označeným M4 je jedolící krytá pletenina, kde se polyesterová příze kryje s lycrou. Byly zkoumány základní charakteristiky materiálů. Tedy jejich vazby, hustoty sloupků a řádků, plošné hmotnosti a tloušťky. Měření tloušťky probíhalo na přístroji SDL M 034 A dle normy ČSN EN ISO 5084 (80 0844): Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků a jeho tloušťka byla naměřena v milimetrech. Pro tyto testy byly použity vzorky o velikosti 10x10 cm. Charakteristika použitých materiálů je uvedena v tabulce 2.

Vzorek M4 má nejvyšší plošnou hmotnost, a to 218 g/m<sup>2</sup>. Naopak vzorek M1 ji má nejnižší, a to pouze 161 g/m<sup>2</sup>. Plošná hmotnost vzorku M2 je pouze o 2 g/m<sup>2</sup> menší než u vzorku M1, ta činí 163 g/m<sup>2</sup>. Plošná hmotnost vzorku M3 je o 10 % menší než u vzorku M4.

Nejvyšší hodnotu tloušťky má vzorek M3, a to 0,75 mm. Druhá nejvyšší tloušťka byla zaznamenána u vzorku M4, který dosáhl hodnoty 0,73 mm. Vzorky M1 a M2 se liší pouze o 0,10 mm, konkrétně vzorek M1 má tloušťku 0,52 mm a M2 má tloušťku 0,62 mm.

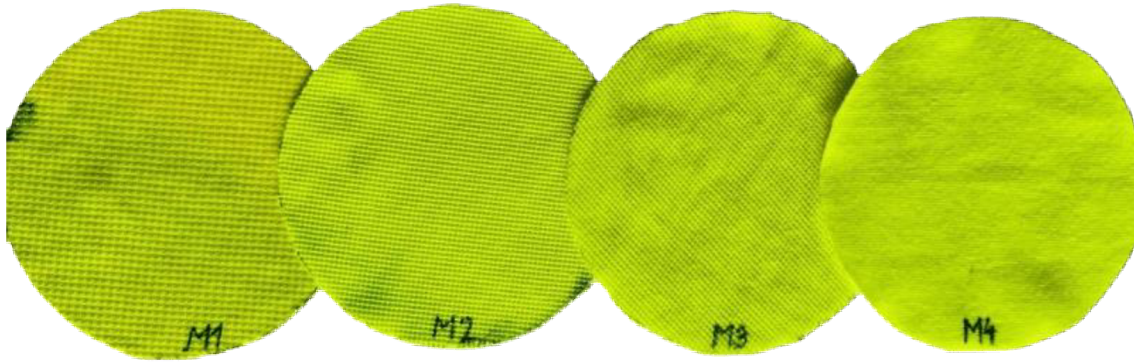
Tabulka 2. Charakteristika použitých pletenin

Materiály	Mat. složení	Konstrukce materiálu	Hustota sloupku [sl/m]	Hustota řádku [ř/m]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka [mm]
M1	100% Polyester	Zátažná interlokovaná pletenina	2067	2067	161	0,52
M2	100% Polyester	Zátažná jednocícní pletenina	1134	3000	163	0,63
M3	100% Polyester	Zátažná jednocícní pletenina	1067	4067	196	0,75
M4	100% Polyester	Zátažná jednocícní pletenina	1467	2133	217	0,73



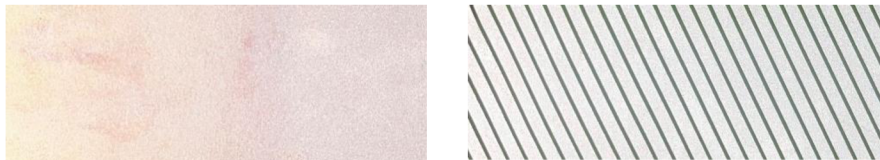
Obrázek 24. Experimentální vzorky fluorescenčních pletenin pro trička s vysokou viditelností

Dále pro zjištění prostupu vlhkosti skrz materiál na přístroji FX 3180 CupMaster byly nastříhány vzorky o průměru 9 cm. (viz obrázek 25)



Obrázek 25. Vzorky pro CupMaster

U následujících testů se již pracovalo jak se vzorky pletenin, tak s retroreflexními pruhy dvou typů – plnými a šrafovanými (viz obrázek 26).



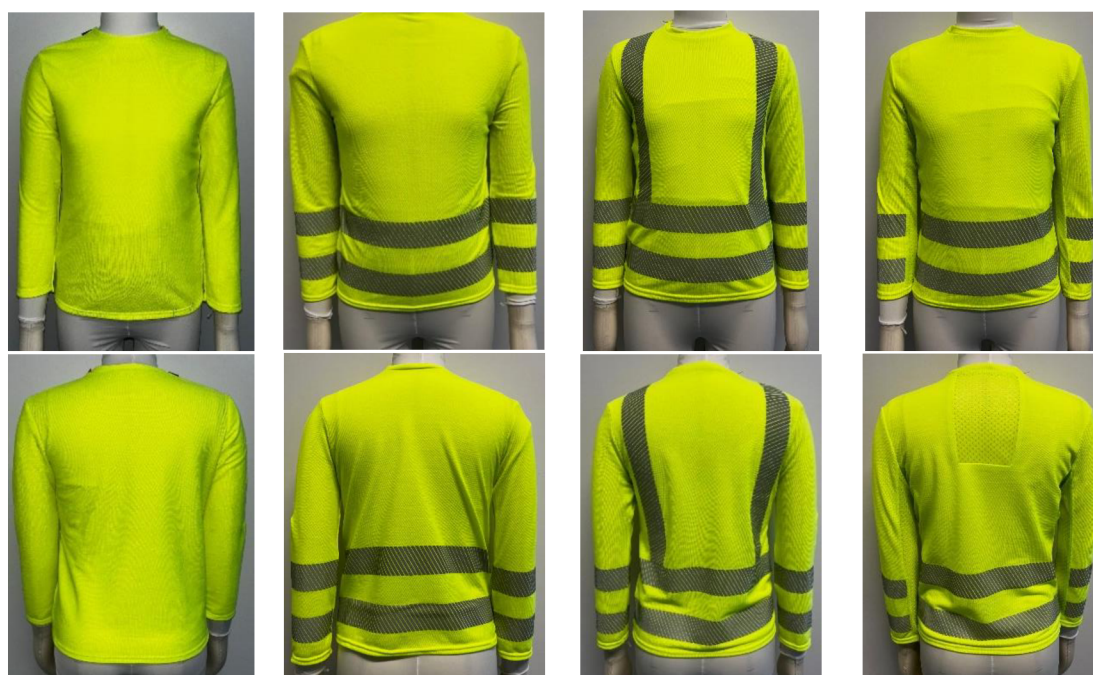
Obrázek 26. Použité druhy retroreflexních pruhů

Pro zjišťování tepelného a výparného odporu na přístroji SGHP byly použity vzorky s již zmiňovanými retroreflexními pruhy šrafovanými a plnými. Pro tento účel byly použity materiály M3 a M4 a vzorky měly velikost 30 x 30 cm (viz obrázek 27).



Obrázek 27. Vzorky pro testování na přístroji SGHP

Pro provedení posledního testování na tepelném manekýnu byla vyrobena čtyři trička. Jedeno z nich bylo původní, zatímco další dvě obsahovala retroreflexní pruhy šrafované s různým uspořádáním. Poslední tričko 4 bylo navrženo s ohledem na co největší pohodlí a obsahovalo komfortní zóny, ve kterých byla původní pletenina nahrazena osnovní filetovou pleteninou ze 100% polyesteru s plošnou hmotností 80 g/m<sup>2</sup> pro lepší odvod tepla a vlhkosti (viz obrázek 29). Komfortní zóny byly umístěny na zadním díle, kde byl umístěn pruh od průkrčníku do úrovně lopatek. Další zóna byla umístěna na vnitřní straně rukávů a v oblasti podpaží. Jednotlivé typy triček jsou znázorněny na obrázku 28.



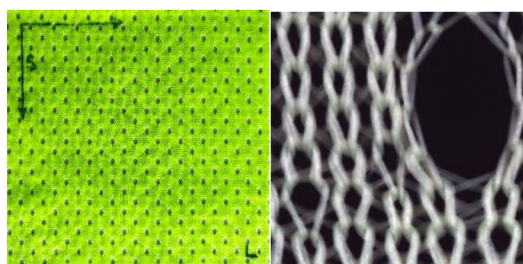
Tričko 1

Tričko 2

Tričko 3

Tričko 4

Obrázek 28. Trička pro měření na tepelném manekýnovy (pohled zepředu a zezadu)



Obrázek 29. Filetová pletenina

## 3.2 Charakteristiky použitých zařízení

V experimentální části byly použity následující druhy přístrojů:

- Přístroj **SDL M 021 S** – hodnocení prodyšnosti textilií,
- Přístroj **FX 3180 CupMaster** – hodnocení propustnosti vodních par,
- Přístroj **SGHP (Sweating Guarded Hotplate)** – hodnocení odolnosti vůči vodním parám a tepelná odolnost,
- Přístroj **tepelný manekýn Timmy** – hodnocení výparného odporu a tepelného odporu.

### 3.2.1 Testování prodyšnosti na přístroji **SDL M 021 S**

Pro měření prodyšnosti byl použit přístroj **SDL M 021 S** dle normy **ČSN EN ISO 9237 (80 0817)** pro zjišťování prodyšnosti textilních materiálů (viz obrázek 30). Prodyšnost je

definována jako rychlost proudu vzduchu, který prochází kolmo skrz zkušební vzorek při určitém tlakovém spádu a v určitém časovém intervalu. Před samotným měřením musí být vzorky klimatizovány v souladu s normou ISO 139 – normální klimatizované ovzduší, tedy při relativní vlhkosti  $(65 \pm 2) \%$  a teplotě  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Vzorek nesmí mít žádné známky poškození. Objemový průtok, který prochází plochou vzorku o velikosti  $20 \text{ cm}^2$ , je vyjádřen v ml/s. [35]

Prodyšnost se měří pomocí 4 rotametrů se stupnicí a izolovanými ventily o doporučeném tlakovém spádu 100 Pa. Pro toto měření byl použit pouze čtvrtý průtokoměr tedy v rozsahu od 40 a 400 [ml/s]. Vzhledem k tomu, že vzorky jsou málo prodyšné, byla na doporučení nastavena hodnota tlakového spádu pouze na 5 Pa. [35]

Na přístroji bylo provedeno celkem 10 měření a následně vypočítán průměr. Hodnoty prodyšnosti byly vypočteny dle následujícího vzorce.

Rovnice pro výpočet prodyšnosti v [mm/s]:[35]

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \times 167 \text{ [mm/s]}$$

R ... prodyšnost vyjádřená v [mm/s]

$\bar{q}_v$  ... aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu v [l/min]

A ... zkoušená plocha textilie v [ $\text{cm}^2$ ],

167 ... konstanta pro přepočet jednotek



Obrázek 30. Přístroj SDL M 021 S

### 3.2.2 Testování propustnosti vodních par na přístroji FX 3180 CupMaster

Měření přístroji probíhá dle japonské průmyslové normy JIS L 1099: 2012 Metody zkoušení propustnosti vodních par textilií. Pomocí přístroje CupMaster (viz obrázek 31) se měří rychlost prostupu vodní páry – WVTR neboli Water Vapor Transmission Rate. Zjišťuje se tedy, kolik gramů vodní páry projde metrem čtverečním textilie za 24 hodin, jednotkou je  $[g/m^2/d]$ . Vzhledem k tomu, že zařízení obsahuje 12 misek, můžeme provést až 12 měření najednou. [36]

Princip měření prostupu vodní páry spočívá v tom, že vzorky o průměru 9 cm (viz obrázek 25) se vloží do misek, které jsou předtím zahřáty na 40 °C a naplněny 42 ml vody. Misky zahříváme proto, aby se po naplnění nezměnila teplota vody, která musí být také 40 °C. Mezera mezi vodou a testovaným vzorkem by neměla být větší než 10 mm. Do zařízení se vloží všech dvanáct misek, kolem kterých proudí vzduch přibližně 10 mm nad zkušebním vzorkem. Následně se nastaví podmínky, při kterých budou materiály testovány. Rychlost vzduchu nesmí být větší jak 0,8 m/s, teplota musí být 40 °C  $\pm$  2 °C a relativní vlhkost R.H. 50 %  $\pm$  5 %. [36]

Vzorky v přístroji jsou pravidelně každou hodinu zváženy kvůli úbytku vody, která se vypařuje, a každou půl hodinu se prostředí klimatizuje. [36]



Obrázek 31. Přístroj FX 3180 CupMaster [37]

### 3.2.3 Testování tepelného a výparného odporu na přístroji SGHP (SWEATING GUARDED HOTPLATE)

Měření na přístroji SGHP probíhá dle normy ČSN EN 31092 (800819) – Textilie. Zjišťování fyziologických vlastností. Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092:1993). Jedná se o metodu pro měření výparného odporu a tepelného odporu za ustálených podmínek, např. u plošných textilií, folií, prostorových textilií, kůží apod. [38]

Jednou z testovaných metod je Rct neboli tepelný odpor, který vyjadřuje rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy. Výsledné

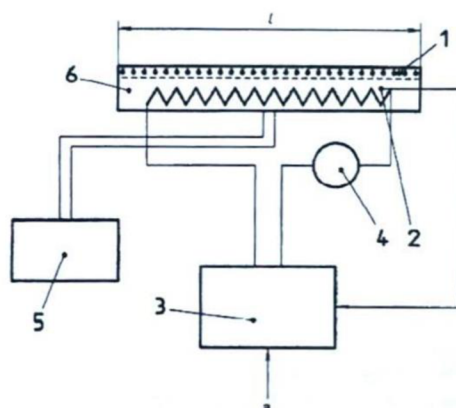


hodnoty jsou vyjádřeny v  $[m^2.K.W]$ . Druhou metodou je rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy. Výsledkem je hodnota  $Ret$  vyjádřena v  $[m^2.Pa.W]$ . [38] [39]

Tepelný odpor je konečným výsledkem přenosu sálavého, vodivého a konvekčního tepla a každá z hodnot přispívá k celkovému přenosu tepla. I přesto, že se jedná o vnitřní vlastnosti materiálu, hodnoty mohou být ovlivněny okolními zkušebními podmínkami v důsledku vzájemného působení parametrů, jako je přenos sálavého tepla do okolí. [38]

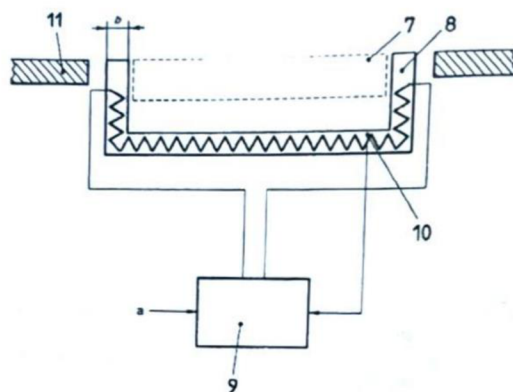
Součástí zařízení je vyhřívaná deska pro zkoušku pocení (často označovaná jako model kůže). Je určena pro napodobení přenosu tepla a hmoty, ke kterému dochází u lidské pokožky. [38]

Měřicí jednotka s řízením teploty a přívodu vody se skládá z kovové desky (1), která je tlustá 3 mm a při měření výparného odporu musí být porézní, termoregulátoru (3) s teplotním čidlem (2), který musí udržovat teplotu na konstantní hodnotě, a dále ze zařízení pro měření výhřevnosti (4). Do kovového bloku s vyhřívacím prvkem (6) jsou vytvořeny kanálky, které jsou v kontaktu s dávkovacím zařízením na vodu (5), aby byl umožněn přívod vody. (viz obrázek 32) [38]



Obrázek 32. Měřicí jednotka s řízením teploty a přívodu vody [38]

Tepelný chránič s řízením teploty se skládá z měřicí jednotky (7), teplota tepelného chrániče (8) je měřena teplotním čidlem (10), která musí být udržována termoregulátorem (9). Na schématu lze také vidět, kde je měřicí stůl (11). (viz obrázek 33) [38]



Obrázek 33. Tepelný chránič s řízením teploty [38]

Při měření tepelného odporu  $R_{ct}$  se měřicí jednotka  $T_m$  nastaví na  $35\text{ °C}$  a teplota vzduchu  $T_a$  se nastaví na  $20\text{ °C}$  s relativní vlhkostí R. H. 65 %. Rychlost vzduchu  $v_a$  na 1 m/s. Pro hodnoty  $T_a$ , R. H. a  $v_a$  lze použít i jiné podmínky, ale musejí při vyhodnocování uvedeny. V této experimentální části byly nastaveny základní zkušební podmínky.[38]

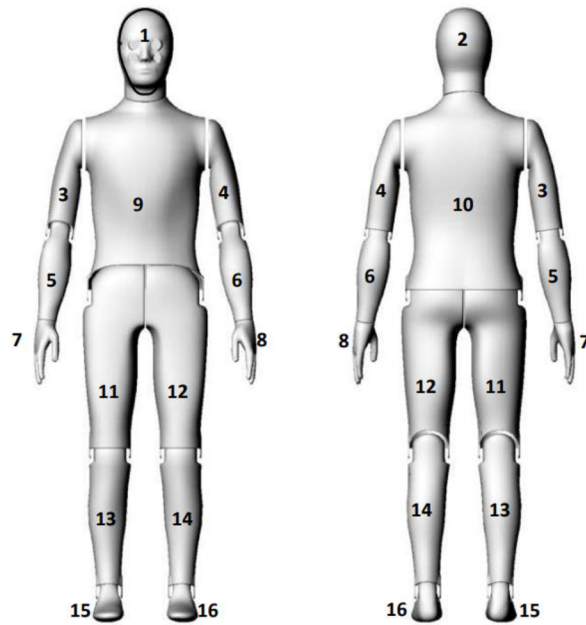
Při měření výparného odporu  $R_{et}$  musí být na povrch měřicí jednotky umístěna celofánová membrána propouštějící vodní páru, ale ne vodu. Celofánová membrána musí být před umístěním na měřicí jednotku namočená. Hodnoty  $T_m$  měřicí jednotky a teplota vzduchu  $T_a$  se seřídí na  $35\text{ °C}$  s relativní vlhkostí R.H. 40 %. Rychlost vzduchu  $v_a$  bude udržována na 1 m/s. Relativní vlhkost a rychlost vzduchu lze také použít jiné podmínky, které následně musejí být při vyhodnocování uvedeny. V experimentální části byly v přístroji nastaveny základní hodnoty. Pokud se při měření změní teplota vzduchu  $T_a$ , měření neprobíhá v izotermických podmínkách a hodnoty nelze použít. [38]

Samotné měření může být ovlivněno faktory, jako jsou zvrásněný materiál, rychlost vzduchu, teplota vzduchu, typ použité membrány a další. [39]

### 3.2.4 Testování tepelného a výparného odporu pomocí tepelného manekýna Timmyho

Měření na tepelném manekýnovi podléhá mezinárodní normě ČSN EN ISO 15831 (832741) – Oděvy – Fyziologické účinky – Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny. Tepelný manekýn odpovídá desetiletému dítěti, které má konfekční velikost 140 cm.[39]

Figurína je složena z karbonového epoxidového těla s topnými dráty a drátovými senzory, které jsou po těle rozmístěny pro měření teploty pokožky a přesné ovládní. [40] V oblastech ramen, boků, loktů, kolen a kotníků je tělo spojeno pro možnost pohybu a změnu postojů těla. V ramenou a v bocích jsou klouby spojeny ložiskem k simulaci chůze. [39] Tělo figuríny je dále rozděleno na 16 částí (viz obrázek 34) a každá část je opatřena nezávisle ovládanou povrchovou teplotou a s možností měření tepelného toku. [41] Dále je možnost měření tepelné pohody – výparný odpor ( $R_{et}$ ) nebo také se měří tepelné izolace, u které se zjišťuje tepelný odpor ( $R_{ct}$ ). [39]



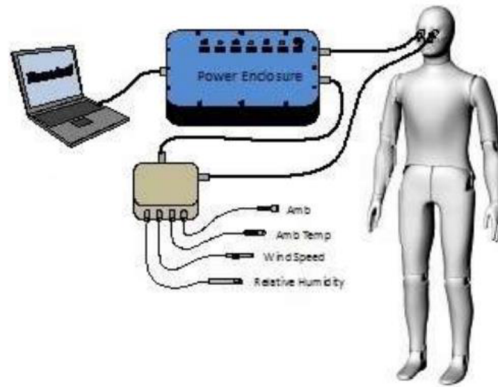
Obrázek 34. Zóny tepelného manekýna [40]

Teplotu manekýna snímají dva snímače, jeden je na vlhkost (RH) a druhý senzor je na pohyb vzduchu (Windspeed). Figurína se ovládá pomocí programu Thermetrics. [39]

Zobrazení dat v reálném čase, teploty, protokolování dat, detekce chyb a diagnostiku je kontrola zajištěna softwarem ThermDAC založeném na systému Windows. [39][42]

Vybavení celého systému manekýna se skládá z následujících komponentů: (viz obrázek 35) [40]

- termální figurína
- kryt napájení
- Ambient Sensor J-Box
- ovládání ThermDAC Software
- 2 snímače okolní teploty
- senzor relativní vlhkosti okolí
- senzor rychlosti okolního větru
- notebook Dell s USB kabelem



Obrázek 35. Vybavení tepelného manekýna [40]

Manekýn je umístěný na stojanu, který umožňuje simulovat chůzi figuríny. Aby se manekýn mohl potit je v těle umístěna nádrž na vodu. Je tedy možnost jak suchého testu, tak i pocení pokožky. [39][41]

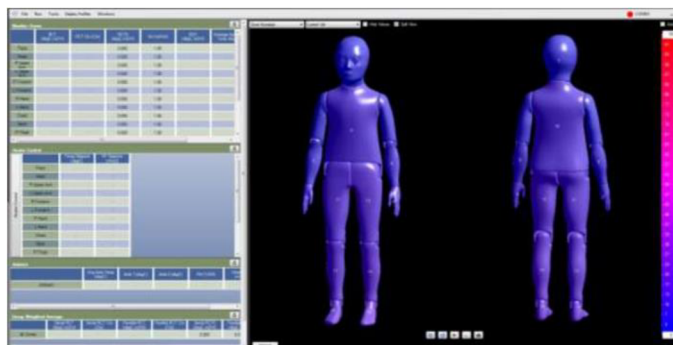
Během měření výparného odporu (simulace pocení) se manekýn pokryje materiálem, který imituje kůži. Pot se absorbuje do celého povrchu těla. Při nastavení programu se teplota všech částí těla nastaví na 34 °C a zadá se údaj o množství vlhkosti, kterou figurína má produkovat (v gramu na metr čtvereční za jednotku času). Dále se určí rychlost pohybu, tedy počet kroků, které figurína udělá za minutu. [39][41]

Testování probíhá v rozmezí teplot od -20 °C do +50 °C při vlhkosti od 0 do 100 %, včetně relativní vlhkosti kondenzace. Maximální povolená odchylka teploty je 0,1 °C a relativní vlhkost  $\pm 3$  %. Maximální výkon je omezen na 600 W/m<sup>2</sup>. [39][41]

Měření v laboratoři katedry oděvnictví TUL v Liberci probíhá alternativní metodou, kde se zkouška provádí ve stabilním prostředí laboratoře. Během testování nesmí být žádná z podmínek změněna, protože by to mohlo mít negativní dopad na výsledky testu.

Měření se provádí v místnosti podle normy ČSN EN 139(80 0056). Během testu jsou dodržovány následující podmínky: definovaná teplota vzduchu v rozmezí -20 až +50°C, vlhkost vzduchu stanovena na 58%, typ testu suchý (DRY). Pro simulaci pohybu se používá "walking motion stand". Simulace pocení je provedena pomocí 112 trysek. Výstupem jsou hodnoty tepelného toku, Rct, Ret. Hodnoty "nahého" manekýna jsou v rozmezí 20 až 30 m<sup>2</sup>.Pa/W. K dispozici je 16 tepelných zón, které jsou součástí během testování. [39][41]

V programu je k dispozici obrazovka, která se dělí na čtyři hlavní části: horní panel nástrojů, datovou mřížku, graf experimentů a spodní panel nástrojů. Tyto oblasti slouží k zobrazení aktuálních parametrů a ovládání figuríny (viz obrázek 36). [40]



Obrázek 36. Hlavní obrazovka [40]

Na horním panelu nástrojů se nachází indikátor, který signalizuje, zda je figurína připojena k řídicí elektronice, a také různé záložky, které umožňují uživateli přistupovat k různým funkcím programu. [40]

## 4 Vyhodnocení výsledků testování

Měření probíhala na laboratorních přístrojích, které byly blíže specifikovány v kapitole 4.2. Testovány byly fluorescenčně žluté pleteniny pro trička vysokou viditelností. Výsledky jednotlivých měření byly zapsány do tabulek a zaznamenány v grafech.

### 4.1 Vyhodnocení prodyšnosti a propustnosti vodních par vzorků materiálů pro trička s vysokou viditelností

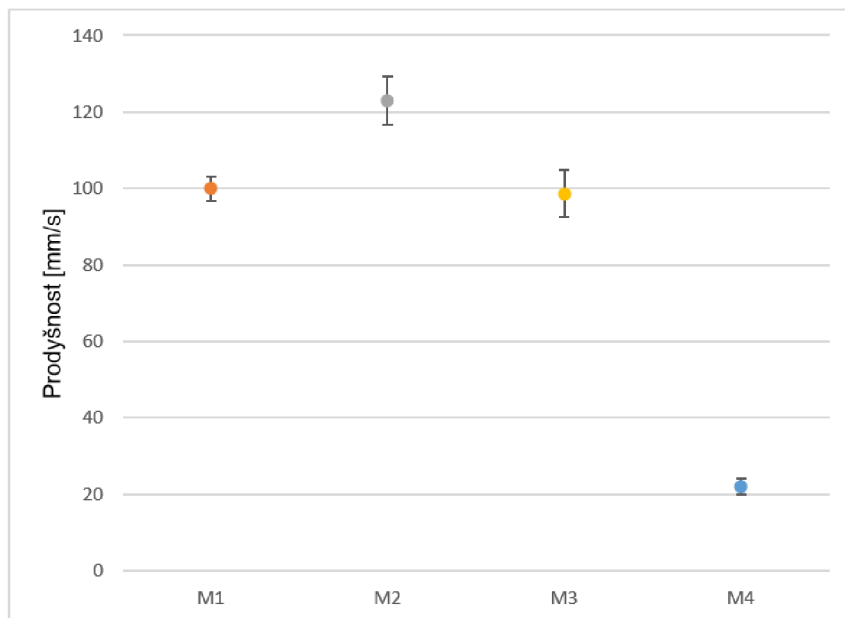
V první části experimentu byl proveden test prodyšnosti a propustnosti vodních par u různých druhů fluorescenčně žlutých materiálů, konkrétně pro trička s vysokou viditelností. Tyto materiály byly vyrobeny z různých typů pletenin.

Z údajů v tabulce 5 vyplývá, že vzorek M2 je nejvíce prodyšný, neboť má hodnotu 123 mm/s. Materiál s označením M3 je téměř o 20 % méně prodyšný než vzorek M2. I přestože materiály M2 a M3 jsou stejným typem pleteniny, každý má jinou hodnotu prodyšnosti. Vzorek interlokové pleteniny M1 má velmi podobnou hodnotu prodyšnosti jako vzorek M3, ale o 19% nižší než vzorek M2. Naopak materiál M4 vykazuje nejhorší prodyšnost. V porovnání s nejvíce prodyšným vzorkem M2 je vzorek jednolící pleteniny M4 o 45 % méně prodyšný.

Tabulka 3. Prodyšnost materiálů [mm/s]

Měřené veličiny	Materiály			
	M1	M2	M3	M4
Průměr $\bar{q}_v$ [ml/s]	199,5	245,5	197	47
<b>Prodyšnost - R [mm/s]</b>	<b>99,95</b>	<b>123,00</b>	<b>98,70</b>	<b>21,99</b>
Statistika dat				
Směrodatná odchylka [mm/s]	5,2	10,1	10,0	3,3
Variační koeficient [%]	2,6	4,1	5,1	7,1
95 % IS	<196,53 - 203,47>	<234,05, 265,95>	<188,2 - 203,8>	<44,7 - 50,3>

Z grafu prodyšnosti lze vyvodit, že materiály M1, M2 a M3 vykazují podobné hodnoty, které se výrazně neliší. Tyto tři druhy pletenin nejsou zhotoveny pouze z oček, ale také obsahují buď chytové nebo podložené kličky. Naopak u vzorku M4, který je vyroben z jednolící pleteniny s krytou a krycí přízí a vyšší plošnou hmotností než ostatní materiály, byla naměřena velmi nízká prodyšnost. Do grafu byl také zahrnut 95% interval spolehlivosti, který potvrzuje přesnost naměřených hodnot.



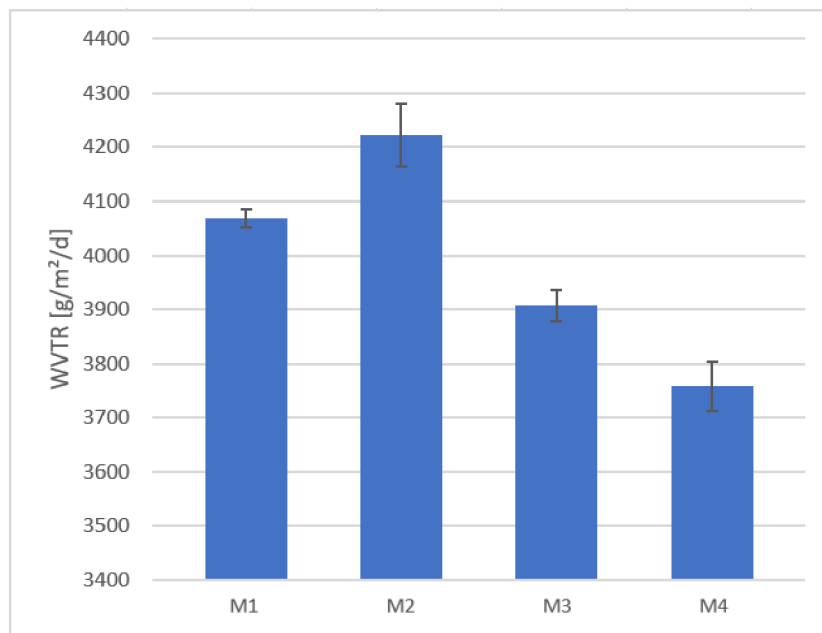
Obrázek 37. Průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých materiálů

Naměřené hodnoty prodyšnosti korespondují výslednými hodnotami propustnosti vodních par. Z tabulky 4 lze vyčíst, že materiál M2 má nejvyšší propustnost vodních par, zatímco materiál M4 s největší plošnou hmotností má nejnižší propustnost. Pokud porovnáme vzorky M2 a M3, které jsou stejným druhem pleteniny, jejich hodnoty propustnosti vodních par se liší o 8,06 %. Vzorek z interlokové pleteniny M1 nevykazuje tak výrazný rozdíl v propustnosti vodních par jako vzorek M3. Hodnota vzorku M1 je pouze o 3,7 % nižší než hodnota vzorku s nejvyšší propustností vodních par.

Tabulka 4. Výsledky měření z přístroje FX 3180 CupMaster

Měřené veličiny	Materiály			
	M1	M2	M3	M4
<b>Průměr [g/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>4069</b>	<b>4222</b>	<b>3907</b>	<b>3758</b>
Statistika dat				
Směrodatná odchylka [mm/s]	14,61	50,99	25,47	40,05
Variační koeficient [%]	0,36	1,21	0,65	1,07
95 % IS	<4052,46 - 4085,54>	<4164,3 - 4279,7>	<3878,18 - 3935,82>	<3712,68 - 3803,32>

V grafu jsou znázorněny hodnoty propustnosti vodních par vzorků M1, M2, M3 a M4. Je patrné, že hodnoty pro jednotlivé fluorescenční pleteniny se liší pouze minimálně, a to s maximálním rozdílem 12 %. Nicméně nejvyšší propustnost vodních par vykazuje vzorek jednolící pleteniny La Coste M2. Opět byl do grafu zahrnut 95% interval spolehlivosti, který potvrzuje přesnost naměřených dat.



Obrázek 38. Propustnost vodních par

Výsledky všech měření rychlosti proudu vzduchu skrz testovaný materiál a propustnosti vodních par jsou uvedeny v příloze 3 a 4.

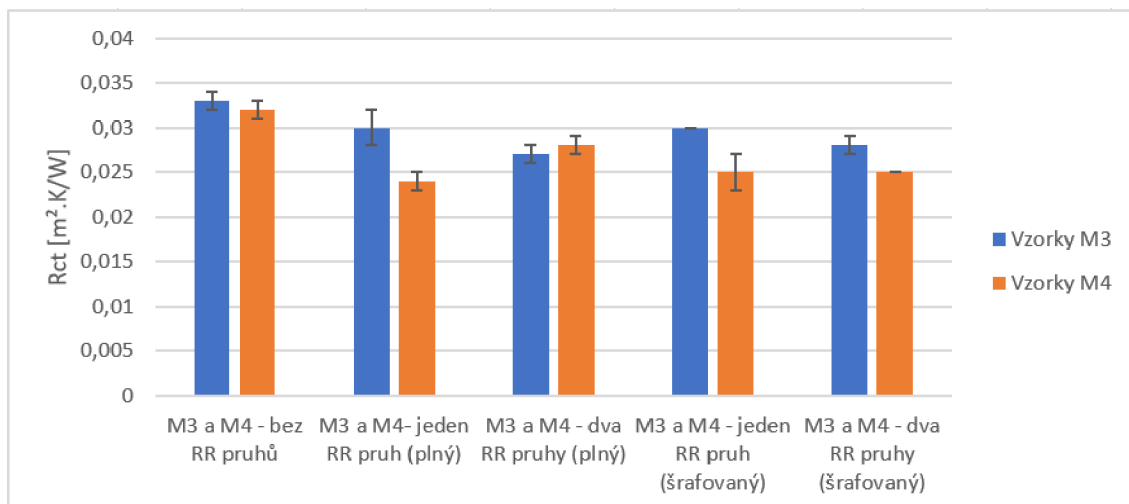
## 4.2 Vyhodnocení měření tepelného a výparného odporu z přístroje SGHP (SWEATING GUARDED HOTPLATE)

Druhá oblast byla již zaměřena na testování vlivu retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor. Hodnoty tepelného a výparného odporu byly naměřeny na přístroji SGHP, testovány byly vzorky M3 a M4.

Hodnoty tepelného odporu, zaznamenané v tabulce 5, se u vzorků M3 a M4 pohybují v rozmezí mezi 0,024 m<sup>2</sup>.K/W až 0,033 m<sup>2</sup>.K/W. Z těchto hodnot vyplývá, že vzorek M3 bez pruhů vykazuje nejvyšší úroveň tepelné izolace. Nejnižší tepelný odpor byl naměřen u vzorku M4 s jedním retroreflexním pruhem, a to 0,024 m<sup>2</sup>.K/W. V porovnání jsem mezi jednotlivými vzorky M3 a M4 pouze minimální rozdíly. Největší rozdíl mezi vzorky je v případě vzorků s jedním retroreflexním pruhem, a to 20 %. Naopak nejmenší rozdíl je pak vidět u vzorků se dvěma plnými pruhy, ten činí pouhých 3,57 %.

Na obrázku 39 jsou graficky zobrazeny hodnoty tepelného odporu obou vzorků materiálů. Z těchto hodnot je patrné, že vzorky bez pruhů mají nejvyšší tepelnou izolaci, konkrétně hodnoty 0,033 a 0,032 [m<sup>2</sup>.K/W]. Naopak vzorek M4 jednolící pleteniny s jedním retroreflexním pruhem vykazuje nejnižší hodnotu tepelné izolace. Graf naznačuje, že rozdíly mezi jednotlivými daty

nejdou příliš velké. Kromě samotných hodnot byly do grafu zaneseny také chybové úsečky, které slouží k ověření přesnosti naměřených dat.



Obrázek 39. Hodnoty tepelného odporu vzorků M3 a M4

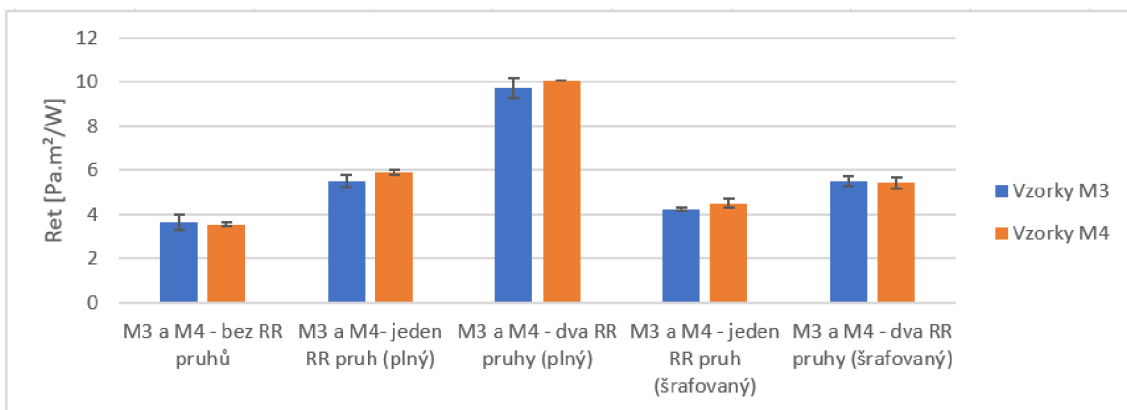
Tabulka 5. Hodnoty tepelného a výparného odporu materiálů M3 a M4

	Tepelný odpor – Rct [K.m²/W]		Výparný odpor – Ret [Pa.m²/W]	
	M3	M4	M3	M4
Bez RR pruhů	<b>0,033</b>	<b>0,032</b>	<b>3,63</b>	<b>3,55</b>
Jeden RR pruh (plný)	<b>0,030</b>	<b>0,024</b>	<b>5,51</b>	<b>5,88</b>
Dva RR pruhy (plný)	<b>0,027</b>	<b>0,028</b>	<b>9,72</b>	<b>10,04</b>
Jeden RR pruh (šrafovaný)	<b>0,030</b>	<b>0,025</b>	<b>4,22</b>	<b>4,51</b>
Dva RR pruhy (šrafovaný)	<b>0,028</b>	<b>0,025</b>	<b>5,50</b>	<b>5,42</b>

Ze srovnání hodnot výparného odporu v tabulce 5 lze vyvodit, že vzorky s retroreflexními pruhy plnými vykazují horší výsledky než vzorky bez pruhů. Toto je přesný opak výsledků získaných pro tepelný odpor. Vzorky bez pruhů dosahují nejlepšího výparného odporu s hodnotami 3,63 a 3,55 [Pa.m²/W], zatímco vzorky s plnými retroreflexními pruhy vykazují špatnou propustnost vodních par. Rozdíl mezi těmito dvěma typy vzorků je téměř 65 %. U vzorků se šrafovanými retroreflexními pruhy není tento rozdíl tak výrazný, jejich hodnoty se pohybují v rozmezí od 4,22 do 5,50 [Pa.m²/W], což představuje rozdíl 33,6 %. Jinými slovy vzorky se šrafovanými pruhy propustí až o polovinu více vodní páry než vzorky s pruhy plnými.

Obrázek 40 zachycuje průměrné hodnoty získané ze vzorků materiálu M3 a M4, které ukazují podobné výsledky v obou případech. To znamená, že druh použitého materiálu nemá významný vliv na odolnost vůči vodním parám. Hlavní vliv má typ použitých retroreflexních pruhů. Konkrétně vzorek materiálu s retroreflexními pruhy šrafovanými vykazuje lepší odolnost vůči vodním parám (oproti vzorkům s plnými retroreflexními pruhy). Vzorky bez pruhů mají propustnost vodních par zdaleka nejlepší, o více než polovinu ve srovnání se vzorky s nejvyšší naměřenou hodnotou.





Obrázek 40. Graf výparného odporu vzorků M3 a M4

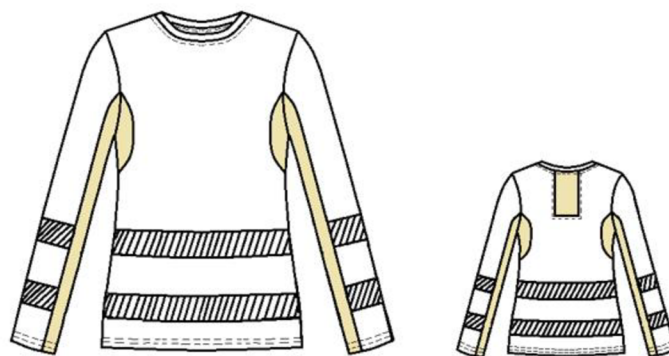
### 4.3 Vyhodnocení tepelného a výparného odporu pomocí tepelného manekýna

V posledním vyhodnocení se zaměříme na tepelný a výparný odpor získaný z měření na tepelném manekýnu Timmy. Pro tuto část experimentu byl vybrán pouze materiál M3.

Celkem byla testována čtyři trička, která jsou znázorněna na obrázku 28. Trička 2 a 3 se liší umístěním retroreflexních pruhů. Tričko 1 je vyrobeno z běžné fluorescenční pleteniny, zatímco tričko 4 je komfortní variantou s přidáním zónami z filetové pleteniny (viz obrázky 29 a 41). Na technickém nákresu je možné jasně rozeznat komfortní zóny, které jsou vyznačeny žlutou barvou (viz obrázek 42).



Obrázek 41. Fotografie triček na tepelném manekýnu



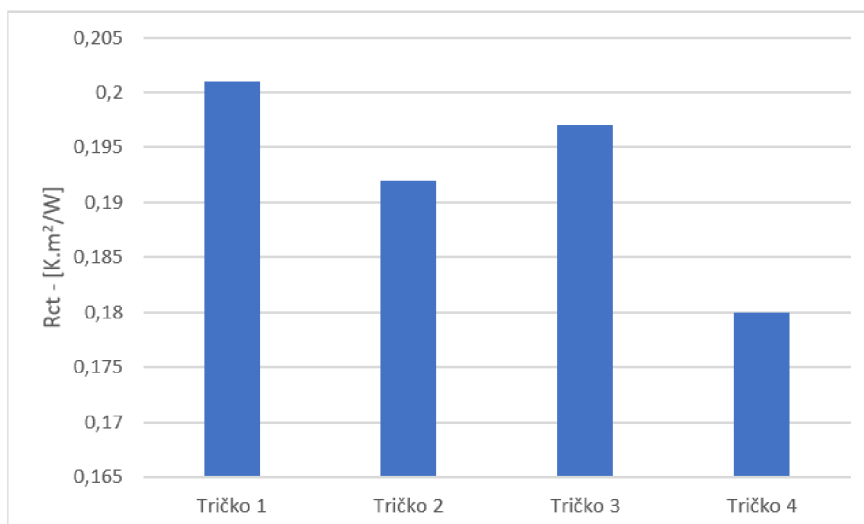
Obrázek 42. Technický nákres komfortního trička 4

Z výsledků uvedených v tabulce 6 je zřejmé, že tričko 4 s komfortními zónami dosahuje nejlepších výsledků jak v oblasti tepelné izolace, tak i v oblasti odolnosti vůči vodním parám.

V případě tepelného odporu je možné pozorovat podobné výsledky jako u dat získaných pomocí přístroje SGHP. To znamená, že trička 2 a 3 s retroreflexními pruhy vykazují nižší tepelnou izolaci než tričko bez pruhů, konkrétně hodnoty  $0,192 \text{ [K.m}^2\text{/W]}$  a  $0,197 \text{ [K.m}^2\text{/W]}$ . Při porovnání trička 4 s komfortními zónami s tričkem 2 je zaznamenáno zlepšení o 6,67 %. Toto porovnání je provedeno z důvodu stejného počtu i umístění retroreflexních pruhů. V případě srovnání s tričkem 1 dosahuje tričko 4 výrazně lepších výsledků, konkrétně o 11,67 %.

Při porovnání jednotlivých částí trička 1 bez úprav a trička 4 s komfortními zónami bylo zaznamenáno významné zlepšení tepelného odporu o téměř 15,7 % mezi předními díly. Nejmenší zlepšení bylo pozorováno v oblasti rukou, a to pouze o 7,14 %. Při srovnání částí triček 2 a 4 lze vysledovat největší rozdíl v přední části s 10 % zlepšením. Druhým nejvýraznějším rozdílem je oblast rukou, kde byly aplikovány komfortní zóny, dosahuje zlepšení o 4,2 % oproti tričku 2 se stejným umístěním a množstvím retroreflexních pruhů. Při srovnání poslední kombinace trička s komfortními zónami a trička 3 je patrné, že zlepšení v případě rukou je stejné jako při srovnání trička 2 a 4, a to 4,2 %. Hodnoty rozdílů mezi předním a zadním dílem se blíží zlepšení při srovnání trička 1 a 4. U předního dílu s komfortními zónami došlo ke zlepšení o 13,3 % ve srovnání s tričkem s největším množstvím retroreflexních pruhů. U zadního dílu je zlepšení o 6,8 %.

V souladu s předpoklady lze z grafu 43 vyčíst, že tričko s komfortními zónami vykazuje nejnižší tepelný odpor -  $0,180 \text{ [K.m}^2\text{/W]}$ . Naopak, tričko z čisté fluorescenční žluté pleteniny vykazuje nejvyšší tepelnou izolaci -  $0,201 \text{ [K.m}^2\text{/W]}$ .



Obrázek 43. Graf tepelného odporu testovaných triček

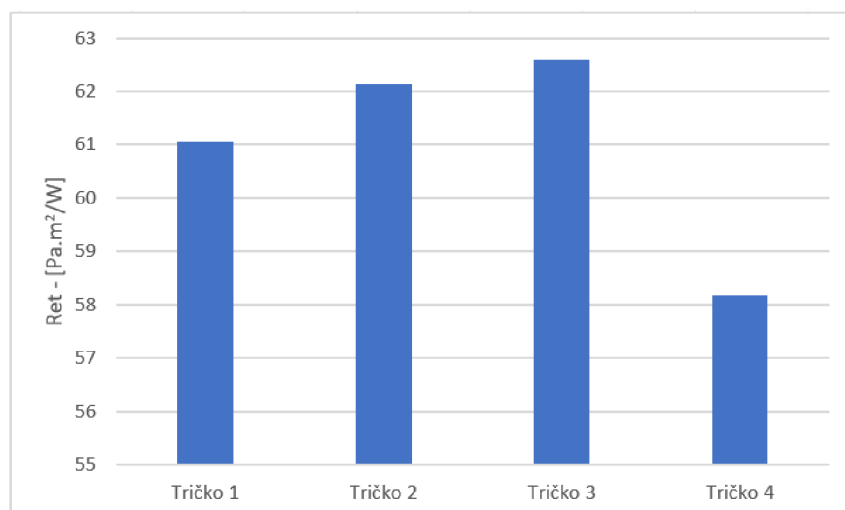
Tabulka 6. Hodnoty tepelného a výparného odporu z manekýna Timmyho

	Tepelný odpor – Rct [K.m²/W]				Výparný odpor – Ret [Pa.m²/W]			
	PD	ZD	Ruce	<b>Průměr</b>	PD	ZD	Ruce	<b>Průměr</b>
Tričko 1	0,235	0,220	0,150	<b>0,201</b>	64,69	68,60	49,90	<b>61,06</b>
Tričko 2	0,225	0,204	0,146	<b>0,192</b>	66,27	70,36	49,77	<b>62,13</b>
Tričko 3	0,230	0,217	0,146	<b>0,197</b>	67,03	70,09	50,67	<b>62,59</b>
Tričko 4	0,203	0,197	0,140	<b>0,180</b>	62,61	67,75	44,19	<b>58,18</b>

Z naměřených hodnot výparného odporu lze vyvodit také podobné výsledky jako při měření pomocí přístroje SGHP. Tričko 3 s největší plochou retroreflexních pruhů vykazuje nejvyšší odpor vůči vlhkosti, a to s hodnotou 62,59 [Pa.m²/W]. Tričko 4 s komfortními zónami se odlišuje od trička 3 o 7,6 % a umožňuje lepší průchod vlhkosti. Ve srovnání s tričkem 2, které má stejné umístění retroreflexních pruhů, má tričko 4 téměř o 7 % lepší hodnoty tepelného odporu.

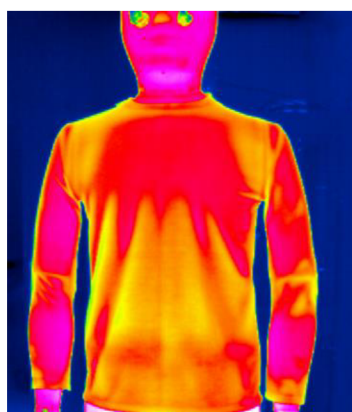
Při srovnání naměřených hodnot výparného odporu mezi jednotlivými částmi trička bez úprav a komfortním tričkem 4 je patrné, že nejvýraznější zlepšení nastává v oblasti rukou, kde jsou aplikovány zóny z filetové pleteniny, o celých 12,9 %. Menší rozdíly jsou pozorovatelné v přední části (3,32 %) a zadní části (1,25 %) trička. Při porovnání trička 2 s tričkem 4 je opět nejvýraznější rozdíl v oblasti rukou, kde se nacházejí komfortní zóny. Zde rozdíl činí 12,6 %, což je téměř srovnatelný rozdíl jako při srovnání trička 1 a 4. V případě ostatních částí jsou rozdíly přibližně poloviční, konkrétně 5,8 % pro přední část a 3,8 % pro zadní část. Nejvýraznější zlepšení je patrné při srovnání trička 3 s největším pokrytím retroreflexními pruhy a trička s komfortními zónami zejména v oblasti rukou, kde došlo ke zlepšení o 14,66 %. Při porovnání přední části triček bylo zaznamenáno zlepšení výparného odporu o 7,5 %, zatímco u zadní části došlo ke zlepšení o 3,45 %.

Do grafu byly zaneseny hodnoty výparného odporu, které ukazují, že mezi tričky 1, 2 a 3 není tak výrazný rozdíl. Tričko 4 s komfortními zónami vykazuje zdaleka nejlepší výparný odpor. Je tedy zřejmé, že aplikace komfortních zón na trička má pozitivní vliv na zlepšení výparného odporu i tepelného komfortu.

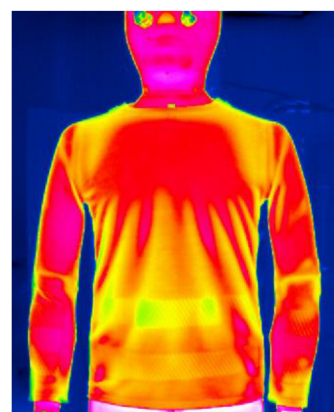


Obrázek 44. Graf výparného odporu testovaných triček

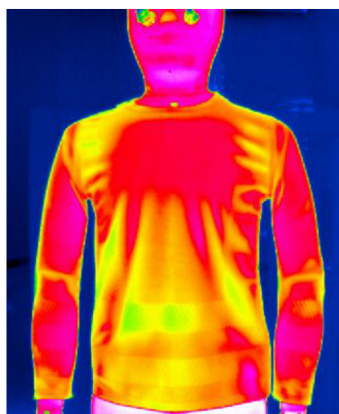
Pro lepší identifikaci oblastí, kde se teplo a vlhkost nejvíce zadržují, byly v rámci tohoto experimentu okamžitě po provedení testů pořízeny termografické snímky (viz obrázky 45 a 46). Tyto snímky byly pořízeny pomocí termografické kamery InfraTec VarioCAM HD775. Barevné zobrazení na těchto snímcích značí totéž při obou testech. Zelená a žlutá barva naznačují místa, kde oděv neumožňuje průnik tepla a vlhkosti. Naopak, oranžová až fialová barva označuje oblasti, kde se teplo a vlhkost nejvíce proniká skrze materiál.



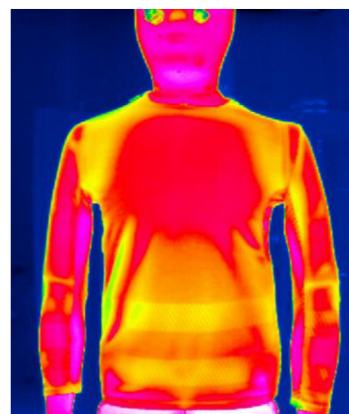
Tričko 1



Tričko 2



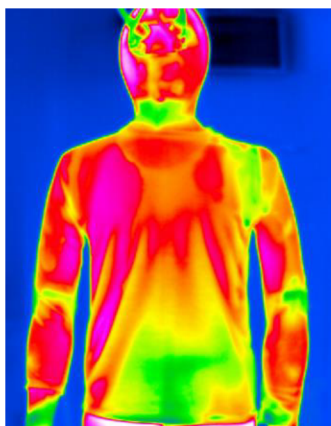
Tričko 3



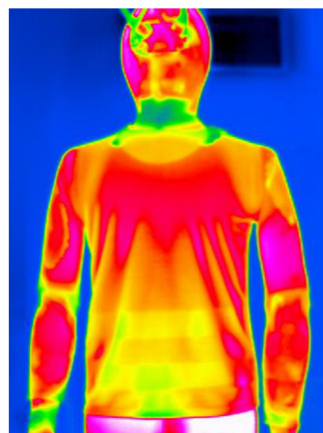
Tričko 4

Obrázek 45. Termografické snímky z testování tepelného odporu

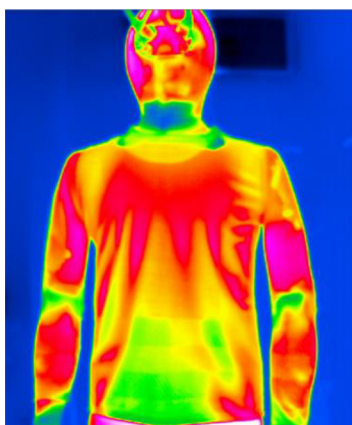
Při analýze snímku je zřejmé, že nejvýraznější změna se projevila na rukách v oblasti komfortních zón. Dále je patrné, že v místech, kde jsou umístěny retroreflexní pruhy, se teplo méně propouští, což je naznačeno zelenou a žlutou barvou.



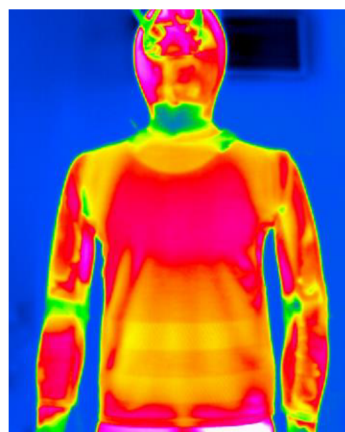
Tričko 1



Tričko 2



Tričko 3



Tričko 4

*Obrázek 46. Termografické snímky z testování výparného odporu*

Při studiu snímků výparného odporu je pozorováno větší spektrum barev než u snímků tepelného odporu. Opět je patrné, že v místě retroreflexních pruhů je přítomna zelená barva, což naznačuje vysoké zadržování vlhkosti v těchto oblastech. Dále je možné pozorovat, že ve srovnání s ostatními tričky je na vnitřní straně trička 4 fialová barva, což svědčí o nejvyšším pronikání vlhkosti v tomto konkrétním místě.

## 5 Diskuse výsledků

Všechny výsledky této bakalářské práce jsou hodnoceny ve dvou oblastech. První hodnocení se zaměřuje na testované fluorescenčně žluté pleteniny pro oděvy s vysokou viditelností z hlediska jejich prodyšnosti a propustnosti vodních par. Druhé hodnocení se zabývá vlivem plochy retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor a zahrnuje vyhodnocení jednotlivých měření a porovnání výsledků získaných pomocí zařízení SGHP a tepelného manekýna Timmy.

Během hodnocení prodyšnosti, což je klíčový faktor pro zajištění dobrého průtoku vzduchu a minimalizaci zadržování tepla v oděvu, se ukázalo, že nejlepším materiálem pro výrobu triček s vysokou viditelností je jednolící zátažná pletenina druhu La Coste (M2). Tento materiál se vyznačuje přítomností podložených kliček ve struktuře, tyto kličky vytvářejí nepatrné mezery a umožňují lepší průchod vzduchu, což může přispívat k vynikající prodyšnosti. Naopak nejméně vhodným materiálem je jednolící zátažná pletenina s krytou polyesterovou přízí a krycí lycrou (M4), která má největší plošnou hmotnost a třetí největší tloušťku. Rozdíl mezi těmito materiály (M2 a M4) je dokonce 65 %. Možné vysvětlení nejhorší prodyšnosti spočívá v kombinaci dvou přízí ve struktuře pleteniny a také ve vyšší plošné hmotnosti. Výsledky prodyšnosti u materiálů M1 a M3 se navzájem příliš nelišily. Celkově lze tedy říci, že materiály M1, M2 a M3 jsou dostatečně vhodné pro výrobu triček s vysokou viditelností s ohledem na jejich prodyšnost.

Správná propustnost vodních par je klíčová v rámci všech vrstev oděvu. Pokud oděv nedokáže správně odvádět pot, může dojít k situaci, kdy se pot zadržuje na povrchu těla a začíná se srážet. V důsledku toho se oděv může navlhčit a přilnout k pokožce, což okamžitě vyvolá nepohodlí a sníží koncentraci jedince při vykonávané činnosti. U triček s vysokou viditelností, která jsou často používána dělníky, je tato vlastnost zvláště důležitá, protože pracovníci stráví v oděvu až 8 hodin a vykonávají fyzicky náročnou práci. Je proto žádoucí, aby materiál dokázal efektivně odvádět vlhkost od těla. Po vyhodnocení jsou patrné podobné výsledky jako u prodyšnosti. Nejlepší propustnost vodních par vykazuje materiál M2, zatímco nejhorší je materiál M4, i když s menším rozdílem než u prodyšnosti. Rozdíl mezi těmito materiály činí 12 %. Podobné výsledky byly zaznamenány u materiálu interlokové pleteniny M1 a jednolící zátažné pleteniny Lacoste M3. Lze tedy říci, že všechny materiály, kromě materiálu M4, dokážou dostatečně odvádět vlhkost a minimalizovat nepříjemnosti spojené s pocením.

Pro měření tepelného a výparného odporu byla využita dvě zařízení: přístroj SGHP a tepelný manekýn Timmy.

První vyhodnocení se provádělo pomocí přístroje SGHP. Pro tento test byly použity materiály jednolící zátažné pleteniny M3 a M4, na které byly přilepeny retroreflexní pruhy dvou typů – šrafované a plné. Cílem bylo dosáhnout co nejnižšího tepelného a výparného odporu v první vrstvě oděvu, aby se z ní co nejvíce odvádělo teplo a vlhkost. Z výsledků testování vyplývá, že druh použitého materiálu má na tyto vlastnosti relativně malý vliv. Významným faktorem je množství a typ retroreflexních pruhů použitých na materiálu. Překvapivými výsledky skončilo testování tepelného odporu, které ukázalo, že materiály s plnými retroreflexními pruhy vykazují nejlepší výsledky, zatímco materiály bez retroreflexních pruhů dosáhly nejhorších výsledků. Tento výsledek překvapil, protože se očekávalo, že materiály

s větším počtem retroreflexních pruhů budou mít lepší izolační vlastnosti. Ovšem opak je pravdou, protože pruhy mají tendenci rychleji odvádět teplo od těla.

Při srovnání vzorků s jedním retroreflexním pruhem, ať už plným nebo šrafovaným, byl rozdíl v zakrytí 2 % a tento rozdíl se také projevil v hodnotách tepelného odporu. V případě vzorků se dvěma plnými a šrafovanými pruhy byl rozdíl v zakrytí fluorescenční plochy 4 % a také se projevil ve výsledných hodnotách tepelného odporu.

Výsledky testování výparného odporu se shodují s našimi očekáváními, tedy že vzorky s větším zakrytím mají horší výparný odpor a vzorky bez úprav mají nejlepší výparný odpor. Mezi vzorky s různými retroreflexními pruhy byly zaznamenány rozdíly v zakrytí fluorescenční pleteniny. Rozdíl v zakrytí mezi dvěma šrafovanými a plnými pruhy byl v případě těchto vzorků 4 %, což se odráželo i v rozdílu hodnot výparného odporu vzorky se lišily o 5 %. Vzorky s jedním retroreflexním pruhem měly rozdíl zakrytí mezi plným a šrafovaným pruhem pouze 2 %, což se opět odráželo v rozdílu hodnot výparného odporu o 3 %. Z toho lze tedy vyvodit, že rozdíl v zakrytí má významný vliv na výsledné hodnoty výparného odporu.

Lze tedy předpokládat, že rozdíl v zakrytí retroreflexními prvky bude mít přímou korelaci s rozdílem ve výsledných hodnotách tepelného a výparného odporu.

Druhé vyhodnocení se zaměřuje na získané výsledky z testování na tepelném manekýnovi. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.3, pro tento test byla ušita čtyři trička z jedolící pleteniny druhu Lacoste (M3), aby bylo možné simulovat nošení triček s vysokou viditelností. V rámci tohoto testování byl opět zjišťován tepelný a výparný odpor. Získané výsledky korespondují se získanými hodnotami z přístroje SGHP. Hlavním předpokladem bylo, že trička s větším komfortem budou mít nejlepší výsledky, tento předpoklad se měřením potvrdil.

Po analýze tepelného odporu je zjevné, že čím více je oblast zakrytá, tím lepší jsou hodnoty. Výsledky naznačují, že trička 2 a 3 mají menší tepelnou izolaci než neupravené tričko 1. Naopak tričko s komfortními zónami prokazuje nejlepší výsledky, až 12 % rozdíl ve srovnání s tričkem 1. Největší zlepšení je zaznamenáno na místě rukou, kde jsou také největší komfortní zóny. Tento trend se potvrzuje i při porovnání termografických snímků, které ukazují nejvíce červených až fialových oblastí právě v komfortních zónách na ruku. Zelená barva naopak naznačuje nejnižší únik tepla, a tedy největší izolaci v dané oblasti.

Po provedení analýzy výparného odporu je zřejmé, že čím více je retroreflexními pruhy zakryto, tím horší je výparný odpor. Tričko 3 má nejhorší výparný odpor, zatímco tričko 4 s komfortními zónami prokazuje nejlepší výsledky se zlepšením o 7,5 %, ve srovnání s druhým nejhorším tričkem 2 jsou výsledky zlepšeny o 7 %. Pokud porovnáme tričko 4 s tričkem 1, které neobsahuje žádné retroreflexní pruhy, je tričko 4 o 5 % lepší. Opět byly pořízeny termografické snímky, které potvrzují stejné výsledky jako při analýze tepelného odporu. Zelené oblasti ukazují nejvyšší zadržování vlhkosti a neprůchodnost, zatímco červené a fialové oblasti ukazují nejvyšší propustnost vlhkosti skrze materiál.

Na základě výsledků měření tepelného a výparného odporu pomocí přístrojů SGHP a tepelného manekýna je patrné, že hodnoty vykazují korespondenci. V obou případech je pozorováno, že vzorek s největším zakrytím vykazují lepší hodnoty tepelného odporu, zatímco zároveň vykazují nejhorší výsledky výparného odporu. Stejným způsobem se projevují vzorky bez retroreflexních pruhů, které vykazují nejhorší hodnoty tepelného odporu a nejlepší hodnoty

výparného odporu. Na základě testování na tepelném manekýnu je prokázáno, že komfortní tričko přináší zlepšení fyziologických vlastností díky svým komfortním zónám.



## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit vliv typu a plochy retroreflexních pruhů na fyziologické vlastnosti první vrstvy oděvu a současně posoudit a navrhnout optimální umístění těchto pruhů tak, aby nedocházelo ke snížení komfortu při použití oděvů s vysokou viditelností. Pro dosažení tohoto cíle byla provedena rešerše, která pomohla porozumět ochranným prvkům a umístování retroreflexních pruhů. Kromě toho byl proveden průzkum trhu a dotazníkové šetření. Dále byl uskutečněn experiment zaměřený na vybrané fyziologické vlastnosti fluorescenčně žlutých pletenin a testování vlivu typu a plochy retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor.

Hlavním úkolem rešeršní části této práce bylo podrobně popsat problematiku oděvů s vysokou viditelností, včetně bezpečnostních prvků a požadavků stanovených normou. Dále byl proveden průzkum trhu s cílem zjistit nejčastěji se vyskytující typy triček na českém i zahraničním trhu. Dotazníkové šetření bylo provedeno pro získání podrobnějších informací pro experimentální část, zejména ohledně pohodlí a komfortu uživatelů při nošení oděvů s vysokou viditelností.

V první části experimentálního výzkumu byly hodnoceny vybrané fyziologické vlastnosti, jako je prodyšnost a propustnost vodních par, u čtyř různých druhů fluorescenčně žlutých pletenin používaných pro výrobu triček s vysokou viditelností. Tyto pleteniny byly označeny jako M1 (zátažná interlokovaná pletenina), M2 (zátažná jedolnicí pletenina Lacoste), M3 (další zátažná jedolnicí pletenina Lacoste) a M4 (zátažná jedolnicí pletenina s krytou polyesterovou přízí a krycí lycrou). Z výsledků experimentu vyplývá, že nejvhodnějším materiálem pro výrobu triček s vysokou viditelností z hlediska prodyšnosti a propustnosti vodních par je pletenina M2, tedy zátažná jedolnicí pletenina Lacoste. Naopak nejhorší výsledky byly zaznamenány u pleteniny M4, což je zátažná jedolnicí pletenina s krytou polyesterovou přízí a krycí lycrou.

V druhé části experimentu byl zkoumán vliv šrafovaných a plných retroreflexních pruhů na tepelný a výparný odpor. V této fázi byly použity pouze materiály M3 a M4. Výsledky tohoto experimentu naznačují, že materiály s větším zarytím retroreflexními pruhy mají lepší tepelný odpor, protože pruhy dokáží rychleji odvádět teplo od těla. Na druhou stranu mají horší výparný odpor kvůli menší prodyšnosti retroreflexních pruhů. Zjištěno bylo také, že procentuální odchylky v zakrytí plných a šrafovaných retroreflexních pruhů se téměř stejně promítají do výsledků obou testování. Dále bylo zjištěno, že šrafované retroreflexní pruhy nejenže nemají významný vliv na mechanické vlastnosti oděvu, ale také přispívají k výrazně lepším hodnotám tepelného odporu a výparného odporu.

Do druhého experimentu byla také zařazena komfortní varianta trička s cílem zlepšit testované fyziologické vlastnosti. Výsledky tohoto provedeného experimentu prokázaly, že přidání komfortních zón na tričko vede k lepším hodnotám a zároveň pozitivně ovlivňuje komfort oděvů s vysokou viditelností.

Závěrem této práce lze konstatovat, že při výběru trička s vysokou viditelností by měl pracovník nebo zaměstnavatel zvážit několik faktorů. Výzkum naznačuje, že oděvy s retroreflexními pruhy šrafovanými nabízejí výhody jak z hlediska mechanických vlastností, tak fyziologických vlastností. Důležité je také zvážit potřebnou plochu zakrytí retroreflexními pruhy, která je individuální pro každého uživatele.

Na základě výzkumu je doporučeno zvolit variantu umístění retroreflexních pruhů, které budou umístěny pouze horizontálně, jako na tričku 2. Které dosahuje přijatelných hodnot ve všech zkoumaných oblastech, jako je tepelný a výparný odpor. Pokud je však vyžadována větší viditelnost, tedy větší plocha zakrytí retroreflexními pruhy, je vhodné zvolit variantu umístění retroreflexních pruhů, které budou v horizontální i vertikální poloze, jako na tričku 3.

Není-li vysoká viditelnost prioritou a hledá se vyšší komfort, je doporučeno zvážit variantu trička s komfortními zónami. Tato varianta trička, jak ukázala tato bakalářská práce, nabízí o několik procent lepší vlastnosti ve srovnání s ostatními testovanými tričky a zachovává stejnou úroveň viditelnosti.

## Seznam použité literatury

- [1] Výstražný oděv. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDstra%C5%BEn%C3%BD\\_od%C4%9Bv](https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDstra%C5%BEn%C3%BD_od%C4%9Bv)
- [2] Reflexní pracovní oděvy MEWA - dobře viditelné i v zimě. In: *TZB-info* [online]. 2018 [cit. 1.12.2022]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bozp/17030-reflexni-pracovni-odevy-mewa-dobre-viditelne-iv-zime>
- [3] Co jsou reflexní a fluorescenční materiály? *MotoFocus.cz* [online]. 2014 [cit. 03.01.2023]. Dostupné z: <https://motofocus.cz/technika/5184,co-jsou-reflexni-a-fluorescencni-materialy>
- [4] KUZMOVÁ, Mária. *Viditelnost chodců za snížené viditelnosti*. Liberec, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulty textilní. [cit. 12.01.2023]. Dostupné z: [https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/26249/Kuzmova\\_Maria\\_DP\\_FINAL.pdf](https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/26249/Kuzmova_Maria_DP_FINAL.pdf)
- [5] Retroreflexní materiály zvyšují bezpečnost v silničním provozu. *NaKole.cz* [online]. 2005 [cit. 12.01.2023]. Dostupné z: <https://www.nakole.cz/clanky/110-retroreflexni-materialy-zvysuji-bezpecnost-v-silnicnim-provozu.html>
- [6] Reflexní a fluorescenční materiály zvyšují bezpečnost na silnicích. *Bezpečné cesty.cz* [online]. 2019 [cit. 05.12.2022]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/dopravni-vychova/dopravni-vychova-ve-skolach/chodec/reflexni-a-fluorescencni-materialy-zvysuji-bezpecnost-na-silnicich>
- [7] 9910, 3M™ Scotchlite™ Reflexní tkanina. *3M Science. Applied to Life*. [online]. [cit. 18.01.2023]. Dostupné z: [https://www.3mcesko.cz/3M/cs\\_CZ/p/d/v000202838/](https://www.3mcesko.cz/3M/cs_CZ/p/d/v000202838/)
- [8] LUSE, Kaiva, Anete PAUSUS, Varis KARITANS, Maris OZOLINS a Madara TUKISA. Evaluation of retro-reflective coating performance by reflectance and perceived relative brightness measurements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2011, **23** [cit. 18.01.2023]. ISSN 1757-899X. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/23/1/012005
- [9] DAN TURNER, Jonathan Dan, Carole J. SIMMONS a Johnny R. GRAHAM. High-Visibility Clothing for Daytime Use in Work Zones. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 1997, **1585**(1), 1-8 [cit. 20.01.2023]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/1585-01
- [10] LIU, Hao, Minglei LU, Fukui PAN, Xin NING a Jinfai MING. Influence of fluorescent dyes for dyeing of regenerated cellulose fabric. *Textile Research Journal* [online]. 2020, **90**(11-12), 1385-1395 [cit. 20.01.2023]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517519892915

- [11] Colorlak fluorescenční barva A3122. In: *MALL.cz* [online]. [cit. 25.01.2023]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/spreje/fluorescencni-barva-a3122-zluta-fl-c0616-0-4-l-100002383437>
- [12] Luminiscence. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit.25.01.2023]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>
- [13] FEKETY, Drea K., Darlene E. EDEWAARD, Ashley A. STAFFORD SEWALL a Richard A. TYRRELL. Electroluminescent Materials Can Further Enhance the Nighttime Conspicuity of Pedestrians Wearing Retroreflective Materials. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2016, **58**(7), 976-985 [cit. 25.01.2023]. ISSN 0018-7208. Dostupné z: doi:10.1177/0018720816651535
- [14] Elektroluminiscenční fólie, kabely, pásky Svítící předměty Animovaná světelná reklama. In: *El-lumio* [online]. TAK spol. [cit. 25.01.2023]. Dostupné z: <https://www.el-lumio.cz/>
- [15] DOHNAL, Radomír. Světlušky pomalu zhasínají. In: *Ekolist.cz* [online]. 2020 [cit. 28.01.2023]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/svetlusky-pomalu-zhasinaji>
- [16] Fotoluminiscenční značení. *TECHNOR* [online]. [cit. 28.01.2023]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostni-tabulky.cz/clanky-bezpecnostni-tabulky/fotoluminiscenci-znaceni-popis/?fbclid=IwAR1z17cGs00meiHuvs2QDZ9Adp6pUkPn53k-REtUSJSIDZrKP5zPOGGdUxk>
- [17] Chodci budou nepřehlédnutelní. Vědci z Liberce vyvinuli speciální svítivý textil. In: *Denik.cz* [online]. 2022 [cit. 28.01.2023]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/veda/univerzita-liberec-textilie-svitive.html>
- [18] HV reflexní tričko Protect fluorescenční žlutá. In: *Online-textil.cz* [online]. [cit. 28.01.2023]. Dostupné z: <https://online-textil.cz/tricko-unisex-hv-protect/fluorescencni-zluta>
- [19] SIGNAL výstražné triko. In: *Obchod NISA* [online]. [cit. 28.01.2023]. Dostupné z: <https://www.obchodnisa.cz/signal-vystrazne-triko>
- [20] C394 Tričko Mesh výstražné s reflexními pruhy. In: *Zetra* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.zetra.cz/reflexni-tricka-a-polokosile/c394-tricko-mesh-vystrazne-s-reflexnimi-pruhy/>
- [21] Pánská reflexní polokošile s dlouhým rukávem LUGO Žlutá. In: *Dobrý textil* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.dobrytextil.cz/reflexni-tricka/panska-reflexni-polokosile-s-dlouhym-rukavem-lugo>
- [22] Reflexní tričko comet. In: *Staprop* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.staprop.cz/reflexni-tricko-comet>

- [23] Výstražné funkční tričko e.s.motion 2020. In: *Strauss* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.engelbert-strauss.cz/pracovni-tricka/vystrazne-funkcni-tricko-e-s-motion-2020-3210030-65616-778.html?refcode=CZpla10&gclid=Cj0KCQiA8t2eBhDeARIsAAVEga2ixuci>
- [24] Dámské reflexní tričko. In: *Blåkläder* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.blaklader.cz/cs/produkt/35022537-damske-reflexni-tricko>
- [25] Výstražné tričko. In: *Blåkläder* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.blaklader.cz/cs/produkt/33871030-vystrazne-tricko>
- [26] Reflexní tričko ICU Helly Hansen. In: *Helly Hansen* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.hellyworkwear.cz/reflexni-tricko-icu-helly-hansen/>
- [27] Reflexní triko Helly Hansen ADDVIS. In: *Helly Hansen* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.hellyworkwear.cz/reflexni-triko-helly-hansen-addvis/>
- [28] MRÁZ, Ondřej. Reflexní oděvy: jak je vybrat online, proč existují různé barvy a které materiály jsou vhodné. *Mamutan* [online]. 2021 [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/magazin/reflexni-odevy-jak-je-vybrat-online-proc-existuji-ruzne-barvy-a-ktere-materialy-jsou-vhodne/>
- [29] Dámské reflexní tričko. In: *Blåkläder* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.blaklader.cz/cs/produkt/34101030-damske-reflexni-tricko>
- [30] Výstražné funkční tričko e.s.motion 2020. In: *Strauss* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.engelbert-strauss.cz/pracovni-tricka/vystrazne-funkcni-tricko-e-s-motion-2020-3210030-65596-777.html?refcode=CZpla10&gclid=Cj0KCQiA4OybBhCzARIsAicfn9medF4>
- [31] Výstražné funk. s dlouhým rukáve e.s.motion 2020. In: *Strauss* [online]. [cit. 29.01.2023]. Dostupné z: <https://www.engelbert-strauss.cz/tricka-dlouhy-rukav/vystrazne-funk-s-dlouhym-rukave-e-s-motion-2020-3210060-65597-777.html>
- [32] ČSN EN ISO 20471 (832820). *Oděvy s vysokou viditelností – Zkušební metody a požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 10/2013.
- [33] Membránová bunda ICU SHELL Helly Hansen. In: *Helly Hansen* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.hellyworkwear.cz/membranova-bunda-icu-shell-helly-hansen/>
- [34] KNOXFIELD HV triko. In: *Rucedozadu.cz* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.rucedozadu.cz/knoxfield-hv-triko.html>
- [35] ČSN EN ISO 9237 (800817). *Textilie. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Evropská komise pro normalizaci, 11/1996, Kat. číslo: 20590.

- [36] JIS L 1099:2012. *Metody zkoušení propustnosti vodních par textilií*. Tokio: Japonský výbor pro průmyslové standardy, 2012.
- [37] FX 3180 CupMaster. In: *Textest* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://textest.ch/en/portfolio-items/fx-3180-cupmaster/>
- [38] ČSN EN ISO 11092 (800819). *Textilie - Fyziologické účinky - Měření tepelného odporu a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pomocí vyhřívané desky simulující efekt pocení)*. Evropský výbor pro normalizaci, 03/2015, Kat. číslo: 96839.
- [39] ŠVANČAROVÁ, Michela. *Analýza tepelných ztrát oděvů za podmínek proudění vzduchu*. Liberec, 2021. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. [cit. 14.03.2023]. Dostupné z: [https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/160905/Diplomova\\_prace\\_Michela\\_Svan\\_carova\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/160905/Diplomova_prace_Michela_Svan_carova_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [40] Operator's Manual For Child Thermal Manikin Serial #504-XX, © *Thermetrics*®, 2016.
- [41] ČSN EN ISO 15831 (832741). *Oděvy – Fyziologické účinky – Měření tepelné izolace pomocí tepelné figuríny*. Evropský výbor pro normalizaci, 2004.
- [42] Child Thermal Manikin. *Thermetrics* [online]. [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://thermetrics.com/products/manikin/sonny/>

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Minimální požadované plochy viditelného materiálu v m <sup>2</sup> [32] .....	15
Tabulka 2. Charakteristika použitých pletenin.....	24
Tabulka 3. Prodyšnost materiálů [mm/s] .....	33
Tabulka 4. Výsledky měření z přístroje FX 3180 CupMaster.....	34
Tabulka 5. Hodnoty tepelného a výparného odporu materiálů M3 a M4 .....	36
Tabulka 6. Hodnoty tepelného a výparného odporu z manekýna Timmyho .....	39

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Dělníci v oděvu s vysokou viditelností [2] .....	7
Obrázek 2. Kuličkové a trojúhelníkové uspořádání [6] .....	8
Obrázek 3. Viditelnost chodce [3].....	9
Obrázek 4. Reakce řidiče [3].....	10
Obrázek 5. Fluorescenční barvy [11] .....	10
Obrázek 6. Odraz světla od různých povrchů [6].....	11
Obrázek 7. Elektroluminiscenční produkty [14] .....	11
Obrázek 8. Světluška a bioluminiscence [15] .....	12
Obrázek 9. Medúza a bioluminiscence.....	12
Obrázek 10. Fotoluminiscenční pletenina [17] .....	12
Obrázek 11. Varianty umístění retroreflexních pásů na tričku [32] .....	15
Obrázek 12. Třída 1 (Pohled zepředu i zezadu) [29] .....	16
Obrázek 13. Třída 2 (Pohled zepředu i zezadu) [30].....	16
Obrázek 14. Třída 3 (Pohled zepředu i zezadu) [31].....	16
Obrázek 15. Ukázka špatného určení třídy [33].....	17
Obrázek 16. Věk respondentů .....	17
Obrázek 17. Pozice respondentů ve firmě.....	18
Obrázek 18. Možnosti triček k otázkám [31][19][34][23] .....	18
Obrázek 19. Vyhovující možnost.....	19
Obrázek 20. Nevyhovující možnost .....	19
Obrázek 21. Otázka týkající se prodyšnosti retroreflexních pruhů .....	20
Obrázek 22. Omak retroreflexních pruhů.....	20
Obrázek 23. Priorita .....	21
Obrázek 24. Experimentální vzorky fluorescenčních pletenin pro trička s vysokou viditelností 24	
Obrázek 25. Vzorky pro CupMaster .....	25
Obrázek 26. Použité druhy retroreflexních pruhů .....	25
Obrázek 27. Vzorky pro testování na přístroji SGHP .....	25
Obrázek 28. Trička pro měření na tepelném manekýnovy (pohled zepředu a zezadu).....	26
Obrázek 29. Filetová pletenina.....	26
Obrázek 30. Přístroj SDL M 021 S .....	27
Obrázek 31. Přístroj FX 3180 CupMaster [37] .....	28
Obrázek 32. Měřicí jednotka s řízením teploty a přívodu vody [38] .....	29
Obrázek 33. Tepelný chránič s řízením teploty [38] .....	30
Obrázek 34. Zóny tepelného manekýna [40] .....	31
Obrázek 35. Vybavení tepelného manekýna [40] .....	32
Obrázek 36. Hlavní obrazovka [40] .....	33
Obrázek 37. Průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých materiálů .....	34

Obrázek 38. Propustnost vodních par .....	35
Obrázek 39. Hodnoty tepelného odporu vzorků M3 a M4.....	36
Obrázek 40. Graf výparného odporu vzorků M3 a M4.....	37
Obrázek 41. Fotografie triček na tepelném manekýnu.....	37
Obrázek 42. Technický nákres komfortního trička 4.....	38
Obrázek 43. Graf tepelného odporu testovaných triček .....	39
Obrázek 44. Graf výparného odporu testovaných triček.....	40
Obrázek 45. Termografické snímky z testování tepelného odporu.....	40
Obrázek 46. Termografické snímky z testování výparného odporu.....	41



## Seznam příloh

Příloha 1. Plošná hmotnost materiálů -  $M_p$  [g/m<sup>2</sup>]

Příloha 2. Tloušťka materiálů [mm]

Příloha 3. Prodyšnost materiálů [mm/s]

Příloha 4. Výsledky měření z přístroje FX 3180 CupMaster

Příloha 5. Naměřené hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  pro vzorek M3

Příloha 6. Naměřené hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  pro vzorek M4

Příloha 7. Naměřené hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  pro vzorky M3

Příloha 8. Naměřené hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  pro vzorky M4

Příloha 9. Hodnoty tepelného odporu z tepelného manekýna Timmyho

Příloha 10. Hodnoty výparného odporu z tepelného manekýna Timmyho

*Příloha 1. Plošná hmotnost materiálů -  $M_p$  [g/m<sup>2</sup>]*

Materiály	$m$ [g]					Průměr	$M_p$ [g/m <sup>2</sup> ]
	1	2	3	4	5		
M1	1,596	1,618	1,631	1,629	1,577	1,611	161
M2	1,549	1,534	1,741	1,566	1,772	1,632	163
M3	1,987	1,973	1,955	1,982	1,923	1,964	196
M4	2,189	2,167	2,172	2,131	2,231	2,178	218

*Příloha 2. Tloušťka materiálů [mm]*

	$h$ [mm]			
	M1	M2	M3	M4
1	0,54	0,51	0,75	0,72
2	0,53	0,66	0,75	0,71
3	0,54	0,59	0,75	0,74
4	0,53	0,67	0,75	0,73
5	0,54	0,59	0,76	0,72
6	0,54	0,67	0,76	0,75
7	0,46	0,66	0,75	0,74
8	0,50	0,65	0,76	0,72
9	0,51	0,67	0,76	0,73
10	0,47	0,57	0,75	0,72
<b>Průměr</b>	<b>0,52</b>	<b>0,62</b>	<b>0,75</b>	<b>0,73</b>
<b>Směrodatná odchylka [mm]</b>	<b>0,029</b>	<b>0,053</b>	<b>0,005</b>	<b>0,012</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>5,56</b>	<b>8,46</b>	<b>0,65</b>	<b>1,60</b>
<b>95 % IS</b>	<b>&lt;0,489 - 0,551&gt;</b>	<b>&lt;0,535 - 0,711&gt;</b>	<b>&lt;0,746 - 0,764&gt;</b>	<b>&lt;0,696 - 0,754&gt;</b>

Příloha 3. Prodyšnost materiálů [mm/s]

	M1	M2	M3	M4
1	190	245	200	40
2	190	250	210	50
3	205	220	210	45
4	205	250	190	45
5	205	250	200	45
6	200	240	200	50
7	200	260	200	50
8	200	240	200	50
9	200	250	180	45
10	200	250	180	50
<b>Průměr [ml/s]</b>	<b>199,5</b>	<b>245,5</b>	<b>197</b>	<b>47</b>
<b>Průměr [l/min]</b>	<b>12,0</b>	<b>14,7</b>	<b>11,8</b>	<b>2,6</b>
<b>Směrodatná odchylka [mm/s]</b>	<b>5,2</b>	<b>10,1</b>	<b>10,0</b>	<b>3,3</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>2,6</b>	<b>4,1</b>	<b>5,1</b>	<b>7,1</b>
<b>95% IS</b>	<b>&lt;196,53 - 203,47&gt;</b>	<b>&lt;234,05, 265,95&gt;</b>	<b>&lt;188,2 - 203,8&gt;</b>	<b>&lt;44,7 - 50,3&gt;</b>
<b>Prodyšnost - R [mm/s]</b>	<b>99,95</b>	<b>123,00</b>	<b>98,70</b>	<b>21,99</b>

Příloha 4. Výsledky měření z přístroje FX 3180 CupMaster

M1		M2		M3		M4	
1.1	4065	2.1.	4165	3.1	3940	4.1	3808
1.2	4054	2.2	4214	3.2	3903	4.2	3710
1.3	4089	2.3	4289	3.3	3878	4.3	3755
<b>Průměr [g/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>4069</b>	<b>Průměr [g/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>4222</b>	<b>Průměr [g/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>3907</b>	<b>Průměr [g/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>3758</b>
<b>Směrodatná odchylka [mm/s]</b>	<b>14,61</b>	<b>Směrodatná odchylka [mm/s]</b>	<b>50,99</b>	<b>Směrodatná odchylka [mm/s]</b>	<b>25,47</b>	<b>Směrodatná odchylka [mm/s]</b>	<b>40,05</b>
<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>0,36</b>	<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>1,21</b>	<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>0,65</b>	<b>Variační koeficient [%]</b>	<b>1,07</b>
<b>95% IS</b>	<b>16,54</b>	<b>95% IS</b>	<b>57,70</b>	<b>95% IS</b>	<b>28,82</b>	<b>95% IS</b>	<b>45,32</b>

Příloha 5. Naměřené hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  pro vzorek M3

Vzorky	$R_{et}$ [Pa.m <sup>2</sup> /W]		Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
	1 měření	2 měření				
M3 - bez RR pruhů	3,40	3,86	<b>3,63</b>	0,23	6,34	<3,31 - 3,95>
M3- jeden RR pruh (plný)	5,71	5,31	<b>5,51</b>	0,20	3,63	<5,23 - 5,79>
M3 - dva RR pruhy (plný)	9,39	10,04	<b>9,72</b>	0,32	3,35	<9,27 - 10,17>
M3 - jeden RR pruh (šrafovaný)	4,15	4,28	<b>4,22</b>	0,07	1,54	<4,13 - 4,31>
M3 - dva RR pruhy (šrafovaný)	5,32	5,67	<b>5,50</b>	0,18	3,18	<5,26 - 5,74>

Příloha 6. Naměřené hodnoty výparného odporu  $R_{et}$  pro vzorek M4

Vzorky	$R_{et}$ [Pa.m <sup>2</sup> /W]		Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
	1 měření	2 měření				
M4 - bez RR pruhů	3,49	3,60	<b>3,55</b>	0,06	1,55	<3,47 - 3,47>
M4- jeden RR pruh (plný)	5,80	5,96	<b>5,88</b>	0,08	1,35	<5,77 - 5,99>
M4 - dva RR pruhy (plný)	10,04	10,04	<b>10,04</b>	0,00	0,00	0,00
M4 - jeden RR pruh (šrafovaný)	4,64	4,37	<b>4,51</b>	0,14	3,00	<4,32 - 4,70>
M4 - dva RR pruhy (šrafovaný)	5,60	5,24	<b>5,42</b>	0,18	3,32	<5,17 - 5,67>

Příloha 7. Naměřené hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  pro vzorky M3

Vzorky	$R_{ct}$ [m <sup>2</sup> .K/W]		Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
	1 měření	2 měření				
M3 - bez RR pruhů	0,034	0,032	<b>0,033</b>	0,0010	3,03	<0,032 - 0,034>
M3- jeden RR pruh (plný)	0,028	0,031	<b>0,030</b>	0,0015	5,08	<0,028 - 0,032>
M3 - dva RR pruhy (plný)	0,027	0,026	<b>0,027</b>	0,0005	1,89	<0,026 - 0,028>
M3 - jeden RR pruh (šrafovaný)	0,030	0,030	<b>0,030</b>	0,00	0,00	0
M3 - dva RR pruhy (šrafovaný)	0,028	0,027	<b>0,028</b>	0,0005	1,82	<0,027 - 0,029>

Příloha 8. Naměřené hodnoty tepelného odporu  $R_{ct}$  pro vzorky M4

Vzorky	$R_{ct}$ [m <sup>2</sup> .K/W]		Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	95% IS
	1 měření	2 měření				
M4 - bez RR pruhů	0,031	0,032	<b>0,032</b>	0,0005	1,59	<0,031 - 0,033>
M4- jeden RR pruh (plný)	0,024	0,023	<b>0,024</b>	0,0005	2,13	<0,023 - 0,025>
M4 - dva RR pruhy (plný)	0,028	0,027	<b>0,028</b>	0,0005	1,82	<0,027 - 0,029>
M4 - jeden RR pruh (šrafovaný)	0,023	0,026	<b>0,025</b>	0,0015	6,12	<0,023 - 0,027>
M4 - dva RR pruhy (šrafovaný)	0,025	0,025	<b>0,025</b>	0,00	0,00	0,00

Příloha 9. Hodnoty tepelného odporu z manekýna Timmyho

	PD díl	ZD díl	Ruce	Průměr [m <sup>2</sup> .K/W]
Tričko 1	0,231	0,218	0,15	
	0,238	0,221	0,149	
<b>Průměr</b>	<b>0,235</b>	<b>0,220</b>	<b>0,150</b>	<b>0,201</b>
Tričko 2	0,225	0,209	0,144	
	0,225	0,199	0,148	
<b>Průměr</b>	<b>0,225</b>	<b>0,204</b>	<b>0,146</b>	<b>0,192</b>
Tričko 3	0,227	0,211	0,147	
	0,232	0,222	0,145	
<b>Průměr</b>	<b>0,230</b>	<b>0,217</b>	0,146	<b>0,197</b>
Tričko 4	0,211	0,203	0,141	
	0,195	0,190	0,139	
<b>Průměr</b>	<b>0,203</b>	<b>0,197</b>	<b>0,140</b>	<b>0,180</b>

Příloha 10. Hodnoty výparného odporu z tepelného manekýna Timmyho

	PD díl	ZD díl	Ruce	<b>Průměr</b> [Pa.m <sup>2</sup> /W]
Tričko 1	65,19	68,12	49,56	
	64,19	69,08	50,24	
<b>Průměr</b>	<b>64,69</b>	<b>68,60</b>	<b>49,90</b>	<b>61,06</b>
Tričko 2	65,99	71,59	49,81	
	66,54	69,13	49,73	
<b>Průměr</b>	<b>66,27</b>	<b>70,36</b>	<b>49,77</b>	<b>62,13</b>
Tričko 3	66,06	68,71	50,44	
	67,99	71,46	50,9	
<b>Průměr</b>	<b>67,03</b>	<b>70,09</b>	<b>50,67</b>	<b>62,59</b>
Tričko 4	63,92	67,52	44,14	
	61,30	67,97	44,23	
<b>Průměr</b>	<b>62,61</b>	<b>67,75</b>	<b>44,19</b>	<b>58,18</b>